

测绘大地图



BIG MAP OF SURVEYING AND MAPPING

(内部资料 免费交流)

主办：中国测绘地理信息学会 地图大数据创新工作委员会

总第 **3** 期
2017年3月



卫星遥感技术的应用与发展



特约访谈

中国人为什么要用自己的导航？

深度观察

高分三号卫星总体设计与关键技术



中国测绘地理信息学会
官方微信公众平台

中国测绘地理信息学会

地址：北京市海淀区莲花池西路28号，中国测绘创新基地（100830）

《测绘大地图》编辑部

地址：北京市朝阳区安翔北里甲11号创业大厦B座2层（100101）

电话：010-51286880 传真：010-51286880-801 邮箱：cehuidaditu@mapuni.com

京内资准字2016--L0129号

《测绘大地图》

关注热点 前瞻行业 引领发展

编辑委员会

主办：中国测绘地理信息学会 地图大数据创新工作委员会

总顾问：童庆禧 王家耀

专家顾问：王 丹 王 倩 王 瑞 王泽龙 申慧群 朱 光 刘 锐 刘玉璋
刘耀林 孙和平 李志刚 杨宝峰 吴 岚 吴劲风 张文若 张文晖
(按姓氏笔划排序)
张建平 张继贤 陈常松 周成虎 宫辉力 姚 新 倪庆华 郭华东
龚健雅 程鹏飞 燕 琴

总编辑：彭震中

副总编：孙世友 马振福

执行主编：杨竞佳

责任编辑：周 露

编辑部：齐 阳 马 艳 谢大尉 张媛媛 秦 羽

美术编辑：李英杰

发送单位：中国测绘地理信息学会

印刷单位：北京海天舜日印刷有限公司

印刷日期：2017年3月27日

印刷数量：2000册

编辑部电话：010-51282880

地址：北京市朝阳区安翔北里甲11号北京创业大厦B座2层

邮编：100101

投稿邮箱：cehuidaditu@mapuni.com

中国测绘地理
信息学会微信
公众平台



中国测绘地理信息学会 地图大数据创新工作委员会

正式成立

【服务宗旨】

加强测绘地理信息行业与大数据行业的交流，推动大数据技术在测绘地理信息行业的应用

通过多领域、多行业合作，实现资源整合和数据共享，促进测绘地理信息与大数据融合及成果应用

促进地图
大数据行业的发展；
推进相关标准规范的
制定和应用

开展国内外相关学术交流等活动，
激发创新成果的产出

立足于地理信息，吸纳更多行业外的
成员加入，促进产业发展

卫星遥感技术的应用与发展

刊首语

现代遥感技术起源于 20 世纪 60 年代，以数字化成像方式为特征，是衡量一个国家科技发展水平和综合实力的重要标志，历来被世界主要科技和经济大国所重视。中国政府也特别重视遥感科技的发展，在 20 世纪 80 年代后，我国航天遥感事业取得长足进步，一系列重要遥感卫星的成功发射，使我国也已跻身于世界遥感科技的前列。

进入 21 世纪，卫星遥感技术应用已进入新的阶段。其范畴从最初的单一遥感技术发展到今天包括遥感（RS）、地理信息系统（GIS），全球定位系统（GPS）等技术在内的空间信息技术。遥感科技不但可以被动接收地物反射的自然光，还可以接收地物发射的长波红外辐射，并能够利用合成孔径雷达和激光雷达主动发射电磁波，实现全天候的对地观测，显现出高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率的“三高”新特征。

卫星遥感技术与国民经济、生态保护和国防安全的关系也越来越紧密，广泛应用于资源环境、国土、农业、水文、气象，地质地理等领域。如土地资源调查、生态环境监测、农业监测与作物估产、灾害预报与灾情评估、海洋环境调查等，包括与日常生活息息相关的天气预报、空气质量监测、电子地图与导航等活动，遥感都发挥了重大作用，以实用、先进的空间探测技术逐渐深入到国民经济、社会生活与国家安全的各个方面，使社会可持续发展和经济增长方式发生了深刻的变化。

应用需求是推动遥感技术不断发展的驱动力，未来遥感卫星系统将围绕精准化、便捷化、大众化的要求向智能化方向转变。在传统航空航天遥感技术持续进步的同时，无人机遥感以其灵活机动的数据获取方式将呈现井喷式的发展；伴随着大数据技术的兴起，遥感大数据分析也已进入蓄势待发的节奏。展望未来，遥感大数据分析、无人机遥感、人工智能等科技手段都将迎来更大的发展机遇，引发遥感领域前所未有的革命。

中国测绘地理信息学会 地图大数据创新工作委员会

主任委员会：

顾问专家：

童庆禧 中国科学院院士

魏复盛 中国工程院院士

主任委员：

孙世友 北京师范大学兼职教授、中科宇图科技股份有限公司副总裁、教授级高工

副主任委员：

姚 新 中科宇图科技股份有限公司董事长兼总裁、教授级高工

赵国栋 中关村大数据产业联盟秘书长

许新宜 北京师范大学水科学研究院教授、博士生导师

刘 锐 资源环境科学研究院院长、首席科学家

孙 群 解放军信息工程大学教授、实验室常务副主任

杜明义 北京建筑大学地图制图与地理信息工程学科硕士研究生导师

王康弘 北京超图软件股份有限公司副总裁

池天河 中国科学院遥感应用研究所研究员

党安荣 清华大学建筑学院教授、博士生导师

专业委员：（按姓氏笔划排序）

方发和 软通动力信息技术（集团）有限公司执行副总裁

宁永强 微景天下（北京）科技有限公司 CEO

朱重光 中国科学院遥感研究所研究员

刘文圣 北京久其软件股份有限公司副总裁

刘高焕 中国科学院地理科学与资源研究所

刘瑞宝 北京拓尔思信息技术股份有限公司副总裁

齐红威 数据堂（北京）科技股份有限公司总裁

李英成 中测新图（北京）遥感技术有限责任公司总经理

张义丰 中国科学院地理科学与资源研究所研究员

张向前 北京帝测科技股份有限公司董事长兼总裁

张 林 中科宇图科技股份有限公司助理总裁

周焕波 北京富地勘察测绘有限公司总裁

鱼京善 北京师范大学水科学研究院教授

郭建阁 北京新兴华安测绘有限公司副总裁

姜春玲 龙信思源（北京）科技有限公司总裁

康 铭 Esri 中国信息技术有限公司副总裁

廖兴国 广州都市圈网络科技有限公司总经理

秘 书 长：童元

副秘书长：杨竞佳

P 1-4	业界要闻 INDUSTRY NEWS
	智慧城市时空大数据与云平台建设技术大纲即将出台 2月8日至9日，智慧城市时空信息云平台建设专家委员会会议在京召开，《智慧城市时空大数据与云平台建设技术大纲2017版》即将出台
P 5-6	特约访谈 EXCLUSIVE INTERVIEW
	杨元喜：中国人为什么要用自己的导航？ 去年我们国家卫星导航产值1750个亿，北斗能占20%，贡献率在20%以上，今年肯定有更突飞猛进的进步。我们科技工作者在应用推广方面下了很大力气，在中国境内布设了很多增强的基准站，为用户可以提高到米级的定位服务
P 7-31	深度观察 DEPTH OBSERVATION
	高分三号卫星总体设计与关键技术 高分三号（GF-3）卫星作为我国首颗自主研制的C频段多极化SAR卫星，突破了多项关键技术。卫星在明确SAR载荷的体制和基本配置的基础上，围绕SAR载荷的需求开展卫星平台适应能力的分析以及载荷与平台之间的匹配性研究
P 34-54	跨界应用 CROSS-BOUNDARY APPLICATION
	构建面向个性化服务的特大城市云空间数据中心 特大城市测绘地理信息数据具有数据海量、增长快速、多源异构、频繁使用的特点。随着大数据和Web2.0时代的到来，传统的空间数据存储管理与共享服务模式存在成果缺乏整合和挖掘、空间信息服务被动且无差别性等缺点
P 55-56	国际瞭望 INTERNATIONAL OUTLOOK
	Uber与DigitalGlobe合作使用卫星图像绘制地图 近日，UBER公司正式迎来了与高分辨率卫星图像公司DigitalGlobe的长期合作，DigitalGlobe将为UBER公司提供高分辨率卫星图像。Uber使得网络约车用户的体验变得非常顺畅

P 57-58	科普天地 POLULAR SCIENCE
	刘延东听取《全民科学素质行动计划纲要》汇报 1月28日下午，中共中央政治局委员、国务院副总理刘延东主持召开会议，听取《全民科学素质行动计划纲要》实施情况汇报
P 59-62	学会动态 SOCIETY DYNAMICS
	第三轮测绘地理信息发展战略研究专家咨询会召开 3月17日，国家测绘地理信息局测绘发展研究中心在成都召开第三轮测绘地理信息发展战略研究专家咨询会暨中国测绘地理信息学会发展战略工作委员会主任委员（扩大）会议
P 63-65	行业快讯 INDUSTRY NEWS
	《江苏省测绘地理信息基础设施管理规定》颁布实施 经江苏省人民政府第76次常务会议讨论通过，2015年12月28日由石泰峰代省长签发，将于2016年2月1日起正式实施

内部资料，免费交流。欢迎转载文章和图片，转载时须注明出处。对不当使用者，将依法追究其法律责任，最终解释权归中国测绘地理信息学会地图大数据创新工作委员会所有。



国家测绘产品质量检验测试中心重庆分中心成立

1月19日，国家测绘产品质量检验测试中心（以下简称国检中心）和国家测绘地理信息局重庆测绘院（以下简称重庆院）在渝签署战略合作协议，共同组建国家测绘产品质量检验测试中心重庆分中心。国家测绘地理信息局党组成员、副局长李维森，重庆市测绘地理信息局局长曹春华出席仪式并共同为“国家测绘产品质量检验测试中心重庆分中心”揭牌。国检中心主任张继贤、重庆院领导出席仪式，院长山川主持仪式。

李维森代表国家测绘地理信息局对国检中心重庆分中心的挂牌成立表示祝贺，对分中心下一步建设和发展提出了三点期望和要求：一是要加强合作，健全工作机制。国检中心和重庆院要继续强化合作，在国家局和重庆市测绘地理信息局的指导下，在业务布局、项目开展、技术交流与合作以及人员管理等方面积极探索，建立符合分中心特色的工作机制，明确职责和定位。二是发挥自身优势，认真履行职责。在认真完成好国家质检任务的同时，要在重庆市测绘地理信息局的统筹安排下，加强同重庆当地测绘质量监督检验机构的交流与合作，发挥重庆分中心的作用，全力以赴完成好地方测绘项目质检工作，为提升重庆市测绘质检水平贡献力量。三是重庆院要借分中心在院挂牌组建的契机，加强单位自身质检队伍建设，进一步做好测绘成果质量管理、监督和检查工作，提升单位测绘质检整体实力。



智慧城市时空大数据与云平台建设技术大纲即将出台

2月8日至9日，智慧城市时空信息云平台建设专家委员会会议在京召开，《智慧城市时空大数据与云平台建设技术大纲2017版》即将出台。新版大纲对2015版《智慧城市时空信息云平台建设技术大纲》进行了修订完善，对于推进各地智慧城市建设具有重要的指导作用。国家测绘地理信息局副局长、专家委员会副主任李维森出席会议并讲话，专家委员会主任李德仁院士、副主任王家耀院士，委员刘先林院士、郭仁忠院士等出席会议。

新版大纲充分体现了国家发展改革委、中央网信办联合印发的《新型智慧城市建设部际协调工作组2016—2018年任务分工》对测绘地理信息部门提出的要求，全面总结和凝炼了全国数字城市地理空间框架建设成果和近两年智慧城市时空信息云平台建设试点经验，更具指导性和可操作性。

新版大纲明确，测绘地理信息部门在智慧城市建设中的主要任务是指导各地区开展智慧时空基础设施建设与应用，其建设内容包括时空基准、时空大数据、时空云平台，其中构建时空大数据与云平台是测绘地理信息部门在智慧城市建设中的核心任务。



全球地理信息资源建设工程工作会议召开

2月17日，全球地理信息资源建设工程工作会在京召开。国家测绘地理信息局副局长、工程领导小组组长王春峰，国家局总工程师、工程办主任李志刚出席会议并讲话。

王春峰对2017年工程实施提出要求。要进一步深化认识，把全球地理信息资源建设工程作为测绘地理信息事业的重中之重工作来做。各单位一定要全力投入、高度负责，以时不我待的态度鼓足干劲，把这项事关测绘地理信息事业发展大局的事情做好、做实、做出成效，以对国家、历史、人民高度负责的态度完成好这一光荣使命。二要恪守新型基础测绘理念，高站位，高起点，以创新开放思维建立符合工程特点的技术标准、生产工艺、存储管理模式，探索“互联网+”新型应用服务模式，加快形成有自身特色的优质产品和服务。



中国提出的地理信息服务本体国际标准正式立项

近日，在美国雷德兰兹召开的国际标准化组织地理信息技术委员会（ISO/TC 211）第43次全体会议上传来消息，由中国提出的国际标准项目提案《地理信息 本体 第4部分：服务本体》（ISO 19150-4），经各成员国表决，一致通过立项。该项目是我国继主导编制《地理信息 影像与格网数据的内容模型及编码规则 第1部分：内容模型》（ISO/TS 19163-1:2016）和《地理信息 遥感影像传感器定标与验证 第3部分：SAR/InSAR》（ISO 19159-3）之后，又一个自主提出的地理信息国际标准项目，是中国持续和深入开展地理信息标准国际化工作的新成果。

据了解，2015年12月，全国地理信息标准化技术委员会、ISO/TC 211国内技术归口办公室组织国家基础地理信息中心、中国科学院遥感与数字地球研究所和中科数遥信息技术有限公司等单位，在ISO/TC 211第41次全体会议期间召开的WG7工作组会议上提出开展服务本体相关标准研究的提议，并获得了与会国专家代表的认可和支持。经过多方努力，2016年7月中国正式向ISO/TC 211提出了《地理信息本体第4部分：服务本体》国际标准项目提案，经过各成员国为期3个月的投票，该提案正式通过立项。未来三年，该项目将由中国负责，中国、加拿大、英国、美国、澳大利亚、丹麦、法国、挪威的有关专家学者共同参与标准编制。



全国人大常委会法工委赴北京、浙江开展《测绘法》修订立法调研

为做好全国人大常委会第二次审议《测绘法（修订草案）》有关工作，2月17日和21日，全国人大常委会法制工作委员会副主任王超英及法工委经济法室调研组分别赴北京、浙江开展《测绘法》修订立法调研，与相关测绘地理信息主管部门、地理信息企业负责人座谈交流，国家测绘地理信息局副局长宋超智陪同调研。

宋超智副局长表示，此次全国人大常委会法工委就地理信息产业发展和卫星导航定位基准站进行专题调研，进一步了解了测绘地理信息工作的实际情况和制度需求，将为全国人大常委会第二次审议《测绘法（修订草案）》打下良好基础。国家测绘地理信息局将密切配合全国人大常委会做好各项工作，进一步修改完善《测绘法（修订草案）》，全力推动新《测绘法》早日出台，为测绘地理信息事业改革发展提供法治保障。



测绘地理信息工作深度融入吉林省“十三五”规划

近日，吉林省委省政府联合发文分解落实全省“十三五”规划纲要提出的主要目标和任务，吉林省测绘地理信息局在其中承担了多项重要任务。

在推进“互联网+”行动，拓展信息经济空间方面，省测绘地理信息局将参与促进互联网与经济社会融合，培育信息服务新业态，大力发展航天信息服务业，建设高分辨率对地观测系统吉林数据及应用中心，促进卫星数据在国土测绘、资源勘测勘探、自然灾害预警、环境动态监测、应急处理、智能交通等领域的规模化应用。配合有关部门推广农业物联网、遥感、移动通信、地理信息等技术集成应用，打造信息化农业示范园，建立农副产品溯源、生产过程监测和智慧流通等信息系统。

智慧平顶山时空信息云平台建设试点项目正式启动

2月16日下午，智慧平顶山时空信息云平台建设试点项目启动会在平顶山市召开。国家测绘地理信息局副局长李维森出席会议并讲话，会议期间，会见了平顶山市委书记胡荃、市长周斌，就加强测绘地理信息工作交换了意见。中国工程院院士刘先林，国土测绘司司长白贵霞，河南省国土资源厅党组成员、省测绘地理信息局局长刘济宝，平顶山市委常委、宣传部长张明新等领导专家出席启动会。

李维森指出，随着我国城镇化进程的不断加快，创新城市发展模式迫在眉睫，开展智慧城市建设，实现城市的精细化管理、资源的科学配置、居民生活的便捷服务，对提升城市可持续发展能力具有重要意义。测绘地理信息作为各种信息的载体，担负着与空间位置有关信息的集成、处理、可视、分析与决策的重任，是不可或缺的空间信息基础。他强调，智慧平顶山时空信息云平台建设试点工作要做好四个方面：一是要建好时空大数据，持续丰富地理信息资源，做好多源、多类型数据的融合。二是要建好时空信息云平台，切实实现平台统一、共享、智能。把“多规合一”信息平台建设等一系列重大工作，作为重要内容纳入试点工作。三是紧密围绕国家重点战略、城市重点工作、部门业务发展与居民生产生活的实际需求，推进海绵城市、地下管廊、信息惠民等重点领域的应用。四是加强统筹协调，形成政府主导、部门联动、企业参与的建设新格局，务求做出特点、做出亮点，做出创新。

测绘学习大讲堂今年第一讲开讲

2月23日，国家测绘地理信息局党组中心组（扩大）理论学习专题辅导报告会在中国测绘创新基地举办，这是测绘学习大讲堂今年第一讲。科技部政策法规与监督司司长贺德方应邀作《科技创新发展与科技体制改革》专题辅导报告。国家局党组书记、局长库热西出席报告会，局党组副书记、副局长王春峰主持报告会。

贺德方围绕国家全面深化改革总目标和创新驱动发展战略要求，详细介绍了十八大以来党中央对创新驱动发展战略作出的系统布局 and 战略部署，从创新驱动发展的顶层设计、科技创新发展总体情况、科技体制改革进展和促进科技成果转化制度体系建设给大家做了精彩的讲解，详细解读了《国家创新驱动发展战略纲要》《深化科技体制改革实施方案》和新修订的《中华人民共和国促进科技成果转化法》，特别针对科技工作者比较关心的科技体制改革和成果转化问题给予了全面细致的解答。

宋超智为东兴市测绘地理信息局揭牌

3月8日，国家测绘地理信息局副局长宋超智到广西壮族自治区防城港市下辖的东兴市调研测绘地理信息行政管理工作，与广西壮族自治区测绘地理信息局局长席扬共同为东兴市测绘地理信息局揭牌。

在揭牌仪式上，宋超智指出，测绘地理信息工作在经济发展、城市建设、百姓生活等各个领域发挥着越来越重要的作用。东兴市测绘地理信息局的成立，标志着东兴市测绘地理信息事业掀开了新的篇章。宋超智要求东兴市测绘地理信息局全体干部职工充分认识发展测绘地理信息事业的重要意义，顺应形势变化和时代发展需要，不断提高地理信息公共服务能力，加快提升基础测绘工作、测绘应急保障能力。勇于改革创新、勇于攻坚克难，为“十三五”测绘地理信息事业改革发展积极努力工作，促进经济发展。

第三届全国测绘地理信息局测绘标准化工作委员会成立

2017年1月19日，国家测绘地理信息局测绘标准化工作委员会（以下简称测标委）换届暨第三届第一次全体会议在西安召开。国家测绘地理信息局副局长李朋德出席会议并讲话。

本届测标委进一步健全了测绘标准化工作机制，基本实现了测绘业务领域的全覆盖，委员来自国家测绘地理信息局及其直属单位，地方测绘地理信息行政主管部门，国土、建设、水利、交通、铁路等行业单位，以及高校、企业、军队和地方标准化机构，由53名委员及5位顾问组成。李朋德要求，本届标委会创新设置的五个工作组，要充分发挥工作组作用，细化完善工作组及组长、副组长职责，多进行专题类研讨。要在标准化机制上进一步创新，使测标委发挥更大的作用，同时秘书处要做好服务与把关，充分解放思想。

李朋德强调，希望新一届的测标委在国家局的统一领导下，按照国家全面深化标准化改革的要求，进一步完善工作机制，充分发挥机构职能，强化统筹协调和统一监管，全面提升整体质量和水平，也希望各位委员能够珍惜荣誉，充分发扬履职担当精神，共同开创测绘地理信息标准化工作的新局面，为测绘地理信息事业改革创新提供坚实的技术支撑。

国家局党的十八届六中全会精神集中轮训结束

国家测绘地理信息局举办的党的十八届六中全会精神集中轮训班完成两期集中轮训，取得预期成效，于3月10日圆满结束。

此次培训紧紧围绕全面从严治党的主题，邀请中共中央党校、中共中央组织部全国组织干部学院、中国社会科学院的专家教授做辅导报告，授课主题鲜明，内容丰富，有对全会精神权威解读，也有对《关于新形势下党内政治生活的若干准则》《中国共产党党内监督条例》的重点阐释，既有很强的理论性和思想性，又有很强的针对性和可操作性。学员们潜心学习，深刻领悟中央精神，提高思想认识，切实把思想和行动统一到十八届六中全会精神和国家局党组决策部署上来。培训班专门安排时间开展分组讨论。大家紧紧围绕贯彻落实全会精神 and 促进事业发展，加强交流，相互借鉴，提升党性修养和工作水平。学员反映收获很大，进一步提高了对十八届六中全会精神的理解和认识，进一步坚定了全面从严治党的信心和决心，为更好地用全会精神指导和推动测绘地理信息事业改革创新打下了坚实的思想基础。

中国测绘科技馆获评优秀全国科普教育基地

近日，中国测绘科技馆顺利通过中国科协组织的全国科普教育基地2016年度工作考核，并从被推选的187个科普教育基地中脱颖而出，荣获2016年度优秀全国科普教育基地称号。

2016年，中国测绘科技馆坚持高标准、提品质、增效果，较好地完成了各项工作。全年接待参观人数5100余人次，在普及测绘地理信息科学知识和先进科技、传播测绘精神和地图文化、提升测绘地理信息事业的社会影响力等方面发挥了重要作用，成为面向社会集中展示测绘地理信息工作悠久历史、光辉历程和辉煌成就的宣传窗口和知名品牌。

中国测绘科技馆自2009年开馆以来，受到了社会各界的广泛好评，被中央党校、国家行政学院等单位列为教学参观点。经过多年建设，中国测绘科技馆已成为功能完备、设施齐全、服务热情，集知识性、趣味性、科学性、实践性于一体的全国一流科普教育基地。

此次考核经基地申报、推荐单位初评、中国科协组织专家评审，从推荐单位推荐的187个全国科普教育基地中评审产生了110个优秀基地，同时确认全国946个基地考核合格。



杨元喜（中国科学院院士）图片来源于网络

中国人为什么要用自己的导航？

一提到全国政协委员、中国科学院院士杨元喜，大家都说他是“左手搞测量，右手搞导航”。作为北斗系统副总设计师，杨元喜近年来在卫星导航领域取得的研究成就一度超过他最擅长的大地测量。两会前夕，央广军事“两会嘭嘭车”记者就中国人为什么要用自己的导航系统三问杨元喜。杨元喜认为，北斗卫星导航系统的应用不仅涉及国家安全利益，也和老百姓的生活休戚相关。

老百姓啥时候才能普遍用上北斗卫星导航系统？

2月28日，中国自主研发的“米级快速定位北斗芯片”正式推出，标志着中国自主可控的北斗卫星导航应用正式进入米级定位时代。米级定位服务是什么概念？杨元喜委员给出了通俗解释：“就是我们的车子在公路上开，你就可以不会选错车道，车道的误差都可以检测得出来。”

据悉，中国目前超过400万辆营运车辆安装使用

北斗兼容终端，到2020年，交通运输行业将全部应用北斗卫星导航系统。北斗卫星导航系统应用发展速度之迅猛甚至超出技术进步。

杨元喜用一组数据进行了有力说明：“去年我们国家卫星导航产值1750个亿，北斗能占20%，贡献率在20%以上，今年肯定有更突飞猛进的进步。我们科技工作者在应用推广方面下了很大力气，在中国境内布设了很多增强的基准站，为用户可以提高到米级的定位服务。”

杨元喜说，今年是我们北斗卫星全球导航系统的开局之年，计划把4到6颗卫星送上太空。“2018年北斗卫星导航系统将形成服务‘一带一路’建设的能力，2020年将形成全球覆盖能力。”

北斗卫星导航系统能力是否走在国际前列？

杨元喜委员说，近年来北斗卫星导航系统在技术上的进步，主要体现在三点：“第一，我们卫星之间有链路，卫星可以观测卫星，在全球跟踪站少的情况下，我们仍然有高精度的轨道测定，高精度的时间同步；第二，卫星钟有了比较大的精度，卫星钟是定位导航精度的一个核心载荷，它有了很大的进步；第三，卫星之间的通信能力不断提升，卫星自己可以测定自己的轨道，不需要地面帮忙，它就有这个能力，运控系统也会有很大改进。

那么，这是否意味着我国卫星导航能力走在国际最前列了呢？

杨元喜回答较为谦逊：“北斗卫星导航系统不能说是最先进的，但一定是先进的，无论是卫星载荷还是设计理念，以及未来为大众提供服务的能力，都是有特色的、可靠的。”

全国政协委员、中科院院士、北斗导航系统副总设计师杨元喜表示，中国今年将发射6至8颗北斗三号卫星，其中数次发射为一箭双星。北斗三号卫星的性能也将大幅提升，将增加激光通信和卫星搜救等功能。

今年年初，历时八年研制建设的北斗二号卫星系统，刚刚荣获国家科技进步特等奖。谈到北斗二号卫

星和北斗三号卫星的区别，北斗导航系统副总设计师杨元喜说，除了全球组网和区域组网的方式不同，北斗三号还将增加激光通信、搜救等功能。

杨元喜说：“北斗三号的卫星载荷有很大的变化，北斗三号可以卫星观测卫星。即使在中国境内进行跟踪、观测、定轨，在卫星观测卫星中，可以在全球提供卫星轨道的精度以及卫星载荷的时间，提供卫星中的同步精度，提高全球服务的精度。另外，北斗三号可能还会增加卫星上的激光通信，可以增加卫星的联络，增强卫星之间的通讯能力。北斗三号还会有卫星搜救功能，一旦有呼救，北斗会提供通信通道。”

杨元喜还透露，按计划，到2020年，将有35颗北斗导航卫星在轨运行，形成全球覆盖能力。北斗是世界上第三个提供运行服务的卫星导航系统，可服务50多个国家、30多亿人口，是联合国确认的四大核心供应商之一。作为北斗导航系统副总设计师，杨元喜强调，要加强北斗导航系统与美国、欧盟和俄罗斯导航系统的国际合作。

杨元喜说：“在推广北斗使用的同时，我们不排除GPS，不排除伽利略和格洛纳斯，我们希望在兼容和服务操作的条件下，来推广北斗，希望利用中国的技术、中国的服务走向全世界。希望有中国自主知识产权的北斗卫星导航信号，希望中国的北斗系统、北斗企业走出去，但是我们不排除任何其它导航信号的应用。这样我们的技术、我们研制的芯片、我们研制的卫星天线等等，再加上中国的服务，这些走出去应该是没什么障碍的。中国的北斗走出去是中国的技术走出去、中国的服务走出去，这是核心。”

针对目前不少省市兴建北斗产业园的情况，杨元喜直率敢言：北斗不是房地，北斗技术的发展和园区无关。

杨元喜说：“北斗企业的发展、北斗技术的发展、北斗终端的发展，和园区毫无关联。因为北斗不是房地产，我一直都在强调北斗终端的发展与应用的推广，和房地产无关，和园区无关。至于北斗的产品是在哪个园区做出来的毫无关联，高技术和园区没有关系。”

综合央广网、国际在线报道内容

高分三号卫星总体设计与关键技术

张庆君

（中国空间技术研究院，北京 100094）

摘要：高分三号（GF-3）卫星作为我国首颗自主研制的 C 频段多极化 SAR 卫星，突破了多项关键技术。卫星在明确 SAR 载荷的体制和基本配置的基础上，围绕 SAR 载荷的需求开展卫星平台适应能力的分析以及载荷与平台之间的匹配性研究，形成了一系列卫星特点和技术创新点，主要技术指标达到或超过国际同类卫星水平。

关键词：高分三号卫星 总体设计 合成孔径雷达

高分三号（GF-3）卫星是“国家高分辨率对地观测系统重大专项”中唯一的民用微波遥感成像卫星，也是我国首颗 C 频段多极化高分辨率合成孔径雷达（synthetic aperture radar, SAR）卫星。GF-3 卫星具有高分辨率、大成像幅宽、高辐射精度、多成像模式和长时工作的特点，能够全天候和全天时实现全球海洋和陆地信息的监视监测，并通过左右姿态机动扩大对地观测范围和提升快速响应能力，其获取的 C 频段多极化微波遥感信息可以用于海洋、减灾、水利及气象等多个领域，服务于我国海洋、减灾、水利及气象等多个行业及业务部门，是我国实施海洋开发、陆地环境资源监测和防灾减灾的重要技术支撑^[1]。

作为我国自主研制的首颗 C 频段多极化 SAR 卫星，GF-3 卫星拥有整星机电热一体化设计技术、多极化相控阵天线技术、高精度 SAR 内定标技术、大型相控阵 SAR 天线展开机构技术、大热耗 SAR 天线热控技术、脉冲大功率供电技术、大挠性星体条件下的卫星控制技术 等 9 项关键技术。高分三号卫星具有以下特点：

(1) 卫星具备 12 种成像模式，是目前世界上成像模式最多的 SAR 卫星，也是我国首颗多极化 SAR 卫星。卫星图像幅宽和分辨率兼得，图像分辨率 1~500 m，相应幅宽 10~650 km，具有详查和普查功能。卫星定量化水平高，图像质量指标达到或超过国外同类 SAR 卫星水平，分辨率 1~10 m，NEσ0 优于 -19 dB；分辨率 25~500 m，NEσ0 优于 -21 dB；绝对辐射精度达到 1.5 dB（1 景）、2 dB（长期）。

(2) 通过 SAR 天线装配及热控设计，SAR 天线平

面度优于 5 mm，全阵面温度一致性优于 7℃。

(3) 卫星平台供电能力高，可适应载荷高功率脉冲工作的需求，最大峰值功率 15 360 W，最大平均功耗 8000 W。

(4) 卫星挠性特性突出，姿态控制精度和稳定性高，具备连续二维姿态导引机动能力。

(5) 卫星采用自主健康管理机制降低整星故障风险。

(6) 卫星采用并网控制技术能够在应急状况下将载荷高压母线转换成 28V 供平台使用，以提升卫星可靠性和安全性。

(7) 该卫星是首颗低轨 8 年设计寿命的遥感卫星。本文从卫星系统顶层设计角度，研究总结了卫星系统总体设计和卫星技术创新点等方面的内容。

1 卫星系统总体设计

1.1 卫星观测任务

我国各领域对星载 SAR 遥感数据的需求非常迫切，在资源调查和灾害救援等方面进口了大量的星载 SAR 图像数据，国内还没有在轨应用的民用 SAR 遥感卫星。因此，多个领域都提出了建造我国民用 SAR 卫星的需求，详细需求如表 1 所示。

为实现众多用户的各种观测需求，GF-3 卫星设计了条带、聚束、扫描等 12 种工作模式（如表 2 所示），具备分辨率 1~500 m，观测幅宽 10~650 km 的观测能力，同时具有双通道、多极化等功能，可极大地扩展卫星的观测能力和应用能力，实现全天时全天

候海洋与陆地观测，提高海洋监视监测和灾害管理水平，并提高农业、国土、环保、国安、公安、电子政务与主体功能区、住建、交通、统计、林业、地震、

测绘等行业的调查与监测能力，提升突发事件快速响应能力，填补我国民用自主高分辨多极化 SAR 遥感数据空白。

表 1 GF-3 卫星主要用户观测需求

主要用户	观测目标及应用
海洋领域	海浪、海面风场、内波、锋面、浅海水下地形、海面溢油、海冰、绿潮、海岸带、海面目标（海面船舶、岛礁人工设施、海上石油平台等）等
减灾领域	洪涝淹没范围、滑坡泥石流体、积雪范围、冰凌或海冰、干旱范围、建筑物、临时安置房、地上交通线、农牧林用地、防洪设施
水利领域	流域水系特征、地表水分布、洪水范围、土壤墒情、土地利用、植被覆盖等方面。如地表水指标湖泊、水库（大坝）、河流、湿地、冰川、积雪、重要水源地、灌区等；地下水遥感监测指标岩溶、潜水层、泉、地质地貌等
气象领域	高分辨率区域地表土壤水分监测，暴雨引发的滑坡和泥石流等地质灾害预测预警

表 2 GF-3 卫星各工作模式主要指标

成像模式	分辨率/m			成像幅宽/km		入射角范围/(°)	视数 A×E	极化方式
	标称	方位向	距离向	标称	范围			
聚束	1	1.0~1.5	0.9~2.5	10×10	10×10	20~50	1×1	可选单极化
超精细条带	3	3	2.5~5	30	30	20~50	1×1	可选单极化
精细条带 1	5	5	4~6	50	50	19~50	1×1	可选双极化
精细条带 2	10	10	8~12	100	95~110	19~50	1×2	可选双极化
标准条带	25	25	15~30	130	95~150	17~50	3×2	可选双极化
窄幅扫描 1	50	50~60	30~60	300	300	17~50	2×3	可选双极化
宽幅扫描 2	100	100	50~110	500	500	17~50	2×4	可选双极化
全极化条带 1	8	8	6~9	30	20~35	20~41	1×1	全极化
全极化条带 2	25	25	15~30	40	35~50	20~38	3×2	全极化
波成像模式	10	10	8~12	5×5	5×5	20~41	1×2	全极化
全球观测成像模式	500	500	350~700	650	650	17~53	4×2	可选双极化
扩展入射角	低入射角	25	25	130	120~150	10~20	3×2	可选双极化
	高入射角	25	25	80	70~90	50~60	3×2	可选双极化

1.2 卫星方案概述

GF-3 卫星是一颗三轴稳定的对地观测卫星，卫星发射重量约 2779 kg，在轨设计寿命 8 年。卫星运行在轨道高度约 755 km 的太阳同步回归晨昏轨道，采用侧视成像飞行状态（图 1、图 2）。

高分三号卫星以 ZY1000B 平台为基线，由有效载荷和服务系统两部分组成。有效载荷主要包括 SAR 载荷、数传、数传天线分系统；服务系统为有效载荷提供安装、供电、指向、温度维持和测控等支持服务，主要由电源、总体电路、控制、推进、测控、数管、结构、热控分系统组成^[2]。

GF-3 卫星 SAR 有效载荷系统具有多极化、多工作模式、高分辨率、大幅宽、大天线尺寸、高功耗、

高辐射分辨率、长成像时间的特点，同时具有内外定标功能。系统共设计聚束、条带、扫描、双孔径等 12 种成像模式，最长连续工作时间为 50 min，能够获取分辨率 1~500 m，成像幅宽 10~650 km 的 C 频段多极化 SAR 图像，图像辐射分辨率优于 2 dB，辐射精度最高可达 1 dB。系统配置 15 m×1.232 m 四极化波导缝隙相控阵 SAR 天线。该天线由波导缝隙天线、四通道 T/R 组件、延时放大组件、波控单元、射频收发及定标馈电网络、二次电源、高低频电缆网、有源安装板、结构框架、展开机构和热控等部分组成，能够灵活地对二维波束进行赋形、扫描和展宽，具有高极化隔离度、孔径配置灵活、高用电效率、轻型化等特点。

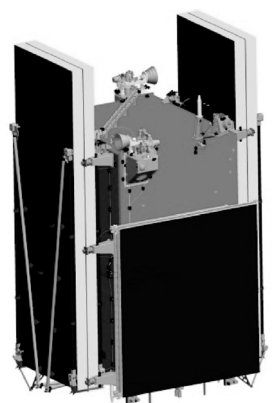


图 1 卫星发射前压紧状态示意

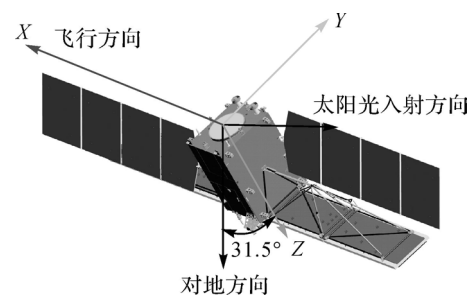


图 2 卫星右侧视状态示意

卫星平台由电源、总体电路、测控、数管、控制、推进、结构、热控共 8 个分系统组成。卫星采用三轴稳定对地定向控制模式，指向精度优于 0.03° ，稳定度优于 $5 \times 10^{-4}^\circ/\text{s}$ ，具备 $\pm 31.5^\circ$ 侧摆能力。卫星采用双独立母线供电，配置三结砷化镓太阳能电池阵、100 Ah 镉镍蓄电池和 225 Ah 锂离子蓄电池，能够满足卫星短期功耗近万瓦的成像需求，同时，平台母线输出功率不足或母线输出异常时，能够通过并网控制器将载荷高压电源转换为低压电源，供平台设备使用。整星具备自主健康管理体制，可实现对关键事件连续监测，并对产品状态进行评估，提前采取多种有效手段，确保卫星在轨安全^[3]。

1.3 卫星工作模式

根据飞行任务要求，卫星共设计 6 种工作模式。

(1) 成像对地实时传输模式：在地面卫星接收站可视范围内，卫星处于正常飞行姿态，SAR 分系统对地成像，将接收到的 SAR 回波成像数据、相应辅助数据发送至地面数据接收站。

(2) 记录模式：卫星处于正常飞行姿态，SAR 分系统对地成像，接收到的 SAR 回波成像数据、辅助数据送至固态存储器进行存储。

(3) 回放模式：在地面卫星接收站可视范围内，卫星处于正常飞行姿态，SAR 分系统不成像，将存储在固态存储器中的 SAR 回波成像数据、辅助数据回放至地面数据接收站。

(4) 边记边放模式：在地面卫星接收站可视范围内，卫星处于正常飞行姿态，SAR 分系统对地成像，图像数据送固态存储器进行记录，同时固态存储器将当前记录的数据或者历史记录数据发送至地面数据接收站。

(5) 平台服务系统数据传输模式：卫星在飞经地面数据接收站数据接收范围时，向地面数据接收站发送平台服务系统数据。

(6) PN 码传输模式：卫星飞经地面数据接收站数据接收范围时，向地面发送 PN 码，不进行加扰、信道编码等处理。

2 卫星技术创新点

2.1 多极化、多成像模式设计

GF-3 卫星具有 12 种成像模式，涵盖了聚束模式、方位多波束模式、条带模式、扫描模式、四极化模式、波模式等，为实现多极化、多种成像模式，主要采用以下设计思路：

(1) 采用“极化时分 + 正负调频斜率”方案获得多极化数据，改善点目标模糊。

(2) 采用有源相控阵天线实现成像模式灵活控制和波位的灵活切换。采用波导缝隙天线，H 极化波导和 V 极化波导分别设计，实现分别馈电，物理实现上完全独立，有效减小了两种天线之间的互耦，提高了天线的端口隔离度，进而提高了天线的极化隔离度。

(3) 该系统具有多种调频信号带宽和时宽组合。12 种成像工作模式对应的调频信号组合多达 18 种，并在信号通路中采用不同的滤波器，以保证不同带宽信号带外抑制。

(4) 为实现多波束与多极化，SAR 具有双接收通

道。为保证双通道的幅相一致性，采用中频采样的数字接收机方案。

(5) 为保证多极化回波进行最优数据量化，对同极化和交叉极化的回波分别进行独立的接收增益控制；采取直接截取高 4 位、8:4BAQ 和 8:3BAQ 多种数据压缩方式，满足各种模式的需要。

(6) 为实现双孔径和多极化模式，采用接收开关矩阵对天线的不同孔径接收的回波信号进行组合切换，形成两个接收通道^[4]。

2.2 多极化相控阵体制 SAR 天线

GF-3 卫星 SAR 天线具有多极化、多工作模式能力，采用平面二维扫描固态有源相控阵天线体制，实现聚束、条带、扫描等多种 SAR 成像模式，能够高精度量化地对海洋、陆地信息进行探测，充分发挥了微波遥感卫星的系统效能。天线工作于 C 波段，具有多极化、多工作模式能力，采用可展开平面二维扫描固态有源相控阵天线体制。在发射模式下，其发射链路完成输入线性调频信号的功率放大，向指定空余辐射水平或垂直极化电磁能量；接收模式下，天线阵面接收水平极化或垂直极化回波信号，也可同时接收双极化回波信号，并经过低噪声放大链路后送至 SAR 中央电子设备^[5]。为实现天线的性能检测、故障检测和隔离，天线具有独立定标网络，在中央电子设备的控制下，可完成首发链路的标定。同时，天线具有多极化、高极化隔离度、海量赋形波束的功能，具有 15 360 W 高峰值输出功率，采用了以 TR 组件、薄壁波导为代表的轻量化设计技术、天线面板、展开机构等复杂结构的高强度力学设计技术。天线展开机构能够满足天线阵面的折叠、展开、支撑等功能。阵面热控，实现 SAR 天线阵面的控温功能，满足各电性单机的使用环境要求，保证电气设备的使用寿命。

该天线在传统 SAR 卫星天线设计基础上进行优化，主要具备以下特点：

(1) 高极化隔离度。多极化是该 SAR 天线的重要功能，通过设计天线辐射单元自身的交叉极化、T/R 组件之间接收链路的通道隔离以及电缆的电磁屏蔽，保证天线能够同时接收双极化 (H/V) 信号，具有较

高的极化隔离度 (>35 dB)。

(2) 高能量利用效率、兼顾热控要求。在保障较高用电效率的同时，提高微波器件的辐射效率，并同步考虑天线阵面的热控，用于保障天线各单机工作在合理温度范围之内，进而保证天线全阵面空间波束指向的稳定性。

(3) 二维波束的高精度控制。天线在射频收发通道的幅度相位稳定性、波束切换响应速度及双极化波束控制可靠性等方面开展设计，能够针对 12 种不同孔径、工作脉宽、脉冲重复频率的工作模式需求，实现灵活的天线波束扫描和赋形。

(4) 轻量化。实现天线的轻型化主要通过两个途径：一是选取合理的天线整体方案，从系统层面降低硬件设备量和内部互连复杂度；二是提高设计及工艺水平，加大集成设计力度，通过天线局部硬件优化减轻天线重量。

(5) 高精度天线模型。通过获取 SAR 天线幅相特性相关的基础数据，建立 SAR 天线高精度模型，实现对 SAR 天线方向图特性的高精度仿真。

2.3 SAR 系统内定标回路设计

为实现成像数据的高精度量化应用需求，SAR 系统设计中充分考虑了在轨定标的需求，设计了多个定标回路，覆盖了整个收发链路，并具备极化定标的能力。

SAR 系统内定标具备单极化和多极化定标的功能，可以完成 HH/HV/VH/VV 四极化定标。通过定标可以得到系统真实线性调频信号、系统增益标定、天线方向图及增益（结合地面辐射阵面测试结果）监测^[6]。

阵面定标可分为全阵面定标和单个 T/R 组件定标。全阵面定标时天线阵面 T/R 组件全工作，分别对全阵面发射功率定标和全阵面接收增益及接收机增益定标，可选择 H 极化或者 V 极化；单个组件定标主要是监测每个 T/R 组件的射频特性。全阵面定标时使用中心波位（波束法线方向），逐个 T/R 定标需要波控配相。另外，在整个阵面 T/R 组件均处于高阻状态（既不发射雷达信号，也不接收回波）时，还可以实现对整个系统热噪声的记录。

星载 SAR 系统内定标回路设计有 6 条：非延迟定标回路、延迟参考定标回路、驱放定标回路、全阵面 / 单 T/R 发射定标回路、全阵面 / 单 T/R 接收定标回路、全阵面发射接收定标回路、噪声记录模式。通过 6 条定标回路和噪声记录模式，SAR 分系统的内定标可以标定系统真实线性调频信号、系统增益标定、天线方向图及增益（结合地面辐射阵面测试结果）监测、通过单个 T/R 组件定标可以对单个 T/R 组件的移相器、衰减器和网络延迟线进行监测。可以进行全阵面定标、T/R 逐行定标、T/R 逐列定标、单模块定标、模块逐行定标、模块逐列定标及最精细的单 T/R 定标。可以进行相位或幅度矢量编码定标。

2.4 SAR 天线展开机构设计

可展开支撑桁架作为平面天线板的支撑结构，直接关系到在轨展开锁定后天线阵的位置精度、型面精度和基频。

可展开支撑桁架主要由星体支撑架、内框架组件、外框架组件、桁架杆、支撑杆组件、90° 铰链、180° 铰链等构成。

星体支撑架是可展开支撑桁架与星体间的连接组件，与星体有 4 个连接点。内框架组件通过 90° 铰链铰接于星体支撑架。内、外框架组件间通过 180° 铰链铰接。6 根桁架杆和支撑杆组件的一端集中铰接于同一转动轴，另一端分别铰接到内、外框架组件和星体支撑架上，展开锁定后形成稳定的桁架结构。内、外框架组件通过游离连接装置与天线结构板连接，适应桁架与天线板结构在天线面内的热变形，保证天线的型面精度。内桁架、外桁架均可简化为一个四连杆机构，展开锁定后成为一个三角形，以保证单块天线板的平面度及刚度，减少在温度变化下天线阵面的变形。内、外桁架可共用四连杆机构中的两杆，从而更好地保证展开同步性，锁定后的刚度更好。采用桁架连接器将内、外桁架连接，通过两个铰接头将内外桁架连接起来。构成桁架的基本单元可采用碳纤维（M40）复合材料制成的杆件，碳纤维杆件应进行零膨胀设计，以减小天线展开后的热变形。

2.5 SAR 天线热控设计

SAR 天线热控除采取预埋热管网络、开设散热面、包覆多层隔热材料组件等常规热控手段外，还采取了主动控温及热随动控温设计技术，为 SAR 天线在轨工作期间提供良好的热环境，使 SAR 天线单机温度保持在 -10℃ ~+25℃，单模块内温度梯度小于 2.5℃，全阵面温度梯度小于 5.9℃。

主动控温的目的是在天线长期不工作的情况下，通过加热保证天线及其设备的温度不致过低，同时保持温度一致性的需要。全阵面共布置 72 路加热回路，总控温长期平均功率不超过 1800 W，控温回路由载荷控温仪控制。每面板三路控温回路加热片粘贴区域分别为：天线安装板 -Z 面延时组件间空隙布置 1 路；天线安装板 +Z 面无设备安装侧布置两路。

热随动跟踪控温技术利用主动控温的加热功率，实现跟踪控温，保证 SAR 天线工作时各阵面的温度梯度满足要求。利用控温仪采集各安装板上全阵面温度参考点温度值，温度参考点在对应模块的 T/R 组件或延时组件上，通过对工作的安装板上参考温度的比对，找出温度最高的温度值，并将此温度值降低 5℃，作为其他控温回路的控温目标值，形成闭环控制。

2.6 高精度姿态控制及二维导引

卫星在左侧视和右侧视飞行状态下均有姿态导引的需求。SAR 的姿态导引的目的是消除地球自转、地球椭率和卫星轨道扁率引起的多普勒中心频率变化。根据目标侧视角、轨道根数，计算目标姿态导引角。偏航导引计算公式为

$$\phi = \arctan\left(\frac{\sin i \cos u}{N - \cos i}\right)$$

式中，i 为轨道倾角；u 为卫星纬度辐角；N 为每天的卫星回归次数。此计算公式适用于球形地球模型，在椭球地球模型下，该角度与实际角度有微小偏差。一轨内的偏航控制曲线（如图 3 所示），服从余弦规律，最大值为 3.892 8°。

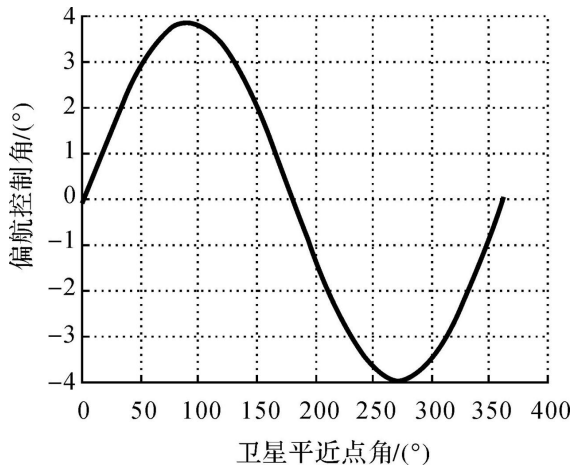


图 3 卫星偏航导引控制曲线

在偏航导引基础上，加入俯仰导引，能够修正俯仰向姿态的不同，俯仰角计算公式为

$$\gamma = \arccos\left(\frac{1 + e \cos \theta}{1 + e^2 + 2e \cos \theta}\right)$$

式中，e 为轨道偏心率；θ 为真近心角。一轨内的俯仰控制曲线（如图 4 所示），服从余弦规律，最大值为 0.065 9°。

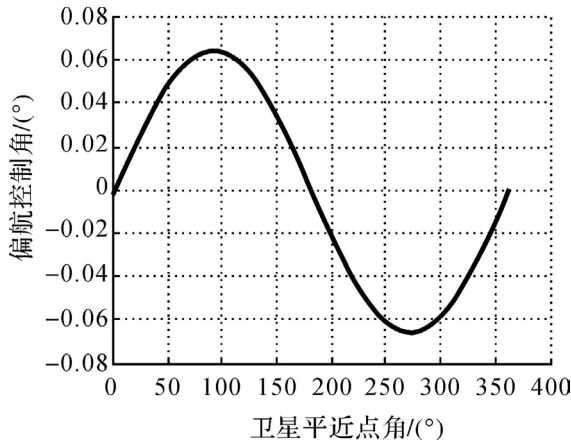


图 4 卫星俯仰导引控制曲线

2.7 卫星双独立母线供电体制

卫星电源分系统采用双母线供电体制，一条供给平台使用，一条供给 SAR 载荷使用，两条母线相互独立，互不干涉，两条母线在整星接地点单点共地。平台母线系统采用 S4R 两域控制全调节母线，T/R 母线采用不调节母线。

平台母线系统采用 S4R 两域控制全调节母线。光照期，MEA 和 BEA 共同控制 S4R 电路稳定母线电压和完成对蓄电池组充电。S4R 电路对太阳电池输出功率调节分配原则为，母线负载需求有第一优先权，其次是满足充电需求，母线负载和充电都不需要的功率对地分流调节。当母线负载由轻到重时，所有对地分流 S4R 电路依次退出分流，然后将进行充电的 S4R 电路依次退出充电，仍不能满足负载需要时，蓄电池组受 MEA 控制通过放电调节电路对母线提供电能，并稳定母线电压。阴影期，蓄电池组受 MEA 控制通过放电调节电路对母线提供电能，稳定母线电压。T/R 母线采用不调节母线系统，母线电压始终被蓄电池组电压钳位，跟随蓄电池组电压变化而变化。在光照期当蓄电池组需要充电时，BEA 控制 S3R 电路退出分流，太阳电池输出功率首先满足负载需要，剩余功率为蓄电池组充电，母线电压会随蓄电池组电压升高而升高，如果太阳电池的输出功率不能满足负载需要，蓄电池组参与放电，联合供电。当蓄电池组充满电后，太阳电池输出功率只满足负载需要，多余太阳电池功率由 PCU 控制对地分流。在阴影期蓄电池组直接对母线供电，母线电压会随蓄电池组电压降低而降低。

2.8 并网控制技术

卫星采用双母线供电体制，一条供给平台使用，一条供给 SAR 载荷使用，两条母线相互独立，互不干涉。为提高整星供电安全性，当平台母线蓄电池出现故障时，载荷母线可以通过直流 / 直流变换器将 45~67.5 V 变换成平台需要的 28 V，给平台服务系统供电。并网控制用直流 / 直流变换器工作原理框图如图 5 所示。

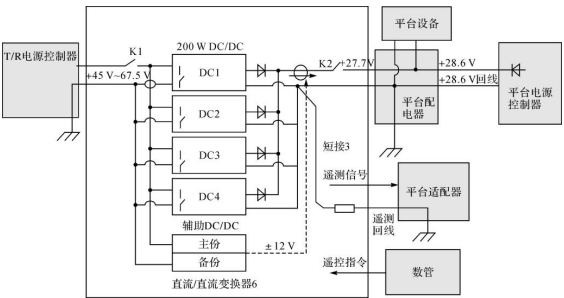


图 5 卫星并网控制原理

并网控制用直流 / 直流变换器与平台一次母线和载荷一次母线均有接口，即载荷一次母线是它的输入，而输出则连接到平台一次母线。为保障设备自身的故障不影响到平台和载荷母线的供电安全，在输入、输出端均设置了开关，一旦发现问题可立即断开。除了物理隔离外，还在输入端设置了载荷母线保护电路，输出端通过两个串联的二极管与平台母线进行了隔离。

2.9 卫星自主健康管理

目前我国低轨遥感卫星在轨运行管理离不开地面测控站的支持，依靠大批专业人员对遥测数据进行分析判断，在发生故障情况下，主要依靠地面专家的决策。然而，由于遥感卫星轨道特点及测控站地域限制，地面站不可能实现对遥感卫星的全程实时跟踪，且遥感卫星大部分运行时段均不在可控范围之内，在不可控弧段发生的故障，将无法及时采取纠正措施。即使在可控时段，单靠地面采取补救措施，其有效性和实时性都是有限的，极有可能错过最佳的处理时机而导致遥感任务成功率下降甚至失败。这就对卫星提出了更高的自主故障诊断的要求，即要求卫星具有不依赖地面支持的星上自主故障诊断与恢复，在最佳时间处理故障，做到故障的不扩散。星上自主故障诊断隔离恢复，获取最佳处理时机，提高卫星的在轨生存能力，这是提高卫星生存能力的需要，也是保障卫星安全的重要辅助手段。

为此，GF-3 卫星提出分级自主健康管理策略（如图 6 所示）、团队式体系结构及可量化故障模型等系统级设计方法，实施整星健康指数实时发布、卫星智能随动控温、整星自主并网控制、双频 GPS 接收机单粒子翻转自主监测与恢复、SAR 异常自主管理等 18 项创新措施。新技术已在 GF-3 卫星在轨完成工程验证，测试表明卫星对健康状况的敏感性和处置故障及时性得到了显著提升，分系统终端能实时主动掌握整星健康状态，依据不同级别健康状况及时启动安全管理策略，保障卫星在故障状态下自主实施故障的监测 / 隔离 / 恢复，将故障处理时间从目前的不少于一轨（90 min 以上）缩减到 10 s 以内。

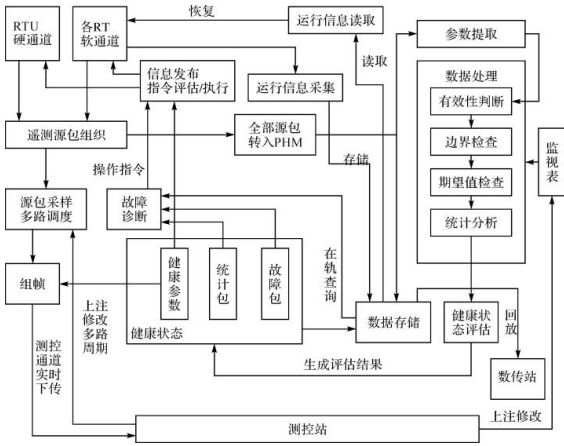


图 4 卫星俯仰导引控制曲线

2.10 精密定轨和时统设计

为了满足合成孔径雷达的成像精度，要求星上的实时轨道确定精度优于 10 m（1σ），事后精处理轨道精度优于 20 cm（1σ）。为此，GF-3 卫星采用双频 GPS 系统的方式实现精密定轨。星上双频 GPS 系统由双频 GPS 天线、双频 GPS 接收机和前置放大器组成。卫星进入在轨飞行段时，双频 GPS 接收机通过双频 GPS 天线接收 GPS 导航星座的 L1、L2 频段的导航信号，在捕获到 4 颗及以上 GPS 卫星信号后，即可完成实时、精确的定位。双频 GPS 接收机在定位后，将产生的 L1、L2 频段的伪距和载波相位等原始测量信息传输给地面应用系统。地面应用系统利用 IGS 精密星历进行地面事后精密轨道计算，实现卫星 20 m 的定轨精度。GF-3 卫星对 GPS 天线进行优化设计，减小卫星舱体对天线接收性能的影响，提高天线相位中心的稳定性。在事后精密定轨中，采用高精度动力学模型结合原始观测数据，实现了 4 cm 的定轨精度。

GF-3 卫星为确保卫星定位精度，需要有效载荷、姿轨控和测控等相关分系统工作在统一的时间基准下，提高卫星成像时刻和敏感器测量时刻标定精度。为完成上述任务，GF-3 卫星采用高精度时间同步技术为相关设备提供高精度的时统服务。时间同步技术由硬件秒脉冲和软件整秒时刻授时联合实现，硬件秒脉冲的时标与整星时间同步（有效载荷和控制系统）的误差要求小于 100 μs。

2.11 小结

GF-3 卫星在明确 SAR 载荷的体制和基本配置的基础上，围绕 SAR 载荷的需求开展卫星平台适应能力的分析以及载荷与平台之间的匹配性研究，形成了一系列卫星特点和技术创新点，主要技术指标达到或超过国际同类卫星水平，对比情况如表 3 所示。

表 3 GF-3 卫星与国际同类卫星 SAR 载荷指标对比

项目	GF-3 卫星	Sentinel-1 卫星	RadarSat-2 卫星
轨道类型	太阳同步轨道	太阳同步轨道	太阳同步轨道
轨道高度 /km	735	693	798
波段	C	C	C
数据重量 /kg	2779	2300	2300
峰值功率 /kW	1.5	4700	1.27
入射角范围 /°	10~60	20~45	10~60
天线面积	15 m×1.5 m	12.3 m×0.84 m	15 m×1.37 m
发射带宽 /MHz	0~240	0~100	0~100
极化	单极化/双极化/全极化	单极化/双极化	单极化/双极化/全极化
天线类型	超窄波束相控阵	超窄波束相控阵	超窄波束相控阵
俯仰角扫描角度 /°	±20	±11	±20
成像模式	聚束、条带、扫描、波束、超精细等 12 种模式	模式、条带、干涉宽幅、超宽幅、波束模式	扫描、条带、超精细等 10 种
分辨率 /m	1~500	5~20	1~100
成像幅宽 /km	10~650	20~400	20~500
寿命 /a	8	7.25	7.25

3 卫星在轨试验验证

2016 年 8 月 25 日，国防科技工业局对外公布首批高分三号卫星影像图，包括黄海、北京、福建、武汉等城市和海域的卫星影像，充分展示了高分三号卫星高分辨率多极化的微波成像优势及在构建全天时、全天候、宽覆盖对地观测系统中的重要作用。截至 10 月，GF-3 卫星已完成所有 12 中成像模式和 7 种定标模式的测试，成像共计 500 余次，开机时间超过 1 000 min，共获取 1.6 万余景 SAR 图像。

2016 年 9—11 月，GF-3 卫星在内蒙古鄂托克旗开展外场定标工作，对各工作模式的分辨率、幅宽、旁瓣比、辐射精度、定位精度、指向精度等天地一体化指标进行了标定。经初步分析，各项指标均满足研制要求，部分指标达到国际同类卫星先进水平^[7]，如表 4 所示。

表 4 GF-3 卫星图像质量指标及在轨测试结果

项目	设计指标	在轨测试指标
极化通道不平衡度	幅度≤±0.5 dB,相位≤±10°	幅度 0.04~0.27 dB,相位≤±6.9°
图像极化隔离度	≥35 dB	优于 37 dB
NEΔ	分辨率 1~10 m 优于-19 dB	分辨率 1~10 m 优于-20 dB
分辨率	分辨率 25~500 m 优于-21 dB	分辨率 25~500 m 优于-22 dB
绝对辐射精度(1σ)	1.0 dB	0.7~0.8 dB
绝对辐射精度(3σ)	1.5 dB	1.2~1.4 dB
辐射分辨率(1σ)	分辨率 1~10 m:3.5 dB;分辨率 25~500 m:2 dB	分辨率 1~10 m:3 dB;分辨率 25~500 m:1.5 dB
旁瓣比	峰值旁瓣比<-20 dB;积分旁瓣比<-13 dB	峰值旁瓣比<-22 dB;积分旁瓣比<-15 dB
定位精度	无控制点,平面定位精度优于 230 m(3σ)	无控制点,平面定位精度优于 50 m(3σ)

4 结束语

GF-3 卫星在轨成功获取高分辨率多极化微波图像，极大改善了我国民用天基高分辨率 SAR 图像全部依靠进口的状态，为国内各行业用户提供高质量、高精度对地观测数据。GF-3 卫星工程的研制将在引领我国民用高分辨率微波遥感卫星应用方面起到重要示范作用，其研制和应用具有重大意义。卫星正式交付后将服务于我国海洋、减灾、水利及气象等多个行业及业务部门，成为我国实施海洋开发、陆地环境资源监测和防灾减灾的重要技术支撑。

参考文献

- [1]LIVINGSTONECE, SIKANETAI, GIERULLC, et al. RADARSAT-2 System and Mode Description[M]. Ottawa:Deference Research and Development Canada, 2006.
- [2]ALI Z, BARNARD I, FOX P, et al. Description of RADARSAT-2 Synthetic Aperture Radar Design[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2004, 30(3): 246-257. DOI:10.5589/m03-078
- [3]ATTEMA E. Mission Requirements Document for the European Radar Observatory Sentinel-1[R]. ES-RS-ESA-SY-0007. 2005.
- [4]刘永坦. 雷达成像技术 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1999.
- [5]张庆君. 卫星极化微波遥感技术 [M]. 北京: 中国宇航出版社, 2015.
- [6]袁孝康. 星载合成孔径雷达导论 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [7]CURLANDER J C, MCDONOUGH R N. Synthetic Aperture Radar:Systems and Signal Processing[M]. New York:John Wiley & Sons, Inc., 1991.

多源卫星遥感影像时空融合研究的现状及展望

黄 波^{1, 2, 3}, 赵涌泉¹

(1. 香港中文大学地理与资源管理学系, 香港; 2. 香港中文大学太空与地球信息科学研究所, 香港;
3. 香港中文大学深圳研究院, 深圳 518057)

摘要: 高空间分辨率的地表或者大气环境动态监测需要高时间-空间分辨率的卫星遥感影像作为数据支撑, 但由于卫星传感器硬件技术及卫星发射成本等客观因素的限制, 使得获取高时空分辨率遥感影像的较为便捷高效、低成本的可
行手段就是将分别具有高时间和高空间分辨率的多源遥感影像进行时空融合, 从而生成不同研究和应用所需的高时空分辨率卫星影像。现阶段, 虽然国内外的学者进行了大量的时空融合算法研究, 但是这些研究都局限于特定的数据类型、算法原理、应用目的等客观限制, 而且其发展呈现出多样性。本文对现有主流的时空融合算法研究进行了归纳总结, 将其分为4种: ① 基于地物组分的时空融合; ② 基于地表空间信息的时空融合; ③ 基于地物时相变化的时空融合; ④ 组合性的时空融合。同时, 本文还对时空融合算法中存在的问题和面临的挑战进行了分析, 并对其未来的发展方向进行了前瞻性的展望。

关键词: 多源遥感影像; 时空分辨率折中; 时空融合; 地物组分; 空间信息; 时相变化

目前, 随着大量对地观测卫星的发射, 能获取到的遥感数据越来越多, 而且新发射的卫星传感器均朝着具有高空间、高时间、高光谱分辨率数据获取能力的方向发展, 例如中国的高分辨率对地观测系统^[1]。然而, 在现有卫星传感器的硬件技术条件和卫星发射成本的限制下, 卫星传感器空间分辨率的提高只能以牺牲卫星传感器在其他方面的优势来实现, 例如时间分辨率、光谱分辨率、扫描幅宽等^[2], 使得遥感卫星无法获得具有多属性高分辨率的遥感影像, 从而制约了遥感影像的应用。

一方面, 作为研究地表特征时空特性的关键, 卫星传感器的空间分辨率和时间分辨率起着至关重要的作用。然而, 由于卫星传感器时间分辨率和空间分辨率之间的矛盾, 具有高空间分辨率(简称为高分率)遥感影像获取能力的卫星的时间分辨率往往较低, 反

之, 具有高频率重访周期的卫星的通常只具备低空间分辨率(简称为低分辨率)的数据获取能力。因此, 这二者之间的矛盾依然存在并且会长期存在^[3-5]。另一方面, 自从对地观测的遥感卫星发射以来^[6-7], 已经积累了大量的长时间序列历史观测数据, 这些数据由于早期卫星传感器硬件技术以及卫星建造和发射成本的限制, 其空间分辨率和时间分辨率之间亦有折中, 目前一些典型的光学遥感卫星的时-空分辨率对比以及数据获取方式见表1。因此, 无论是海量历史卫星遥感影像时空信息的进一步挖掘, 还是未来新获取影像的充分利用, 遥感影像时间-空间分辨率之间的矛盾依然是一个不可忽视、不可避免的现实问题。

此外, 现阶段的卫星遥感数据面临着“又多又少”的问题^[8], 即可用的遥感数据越来越多, 然而真正能被使用的有用数据却相对很少。例如, 由于云层的

表 1 典型的光学遥感卫星的时-空分辨率对比

卫星/传感器	波谱类型	卫星轨道类型	空间分辨率/m	时间分辨率	数据获取方式
QuickBird	全色/多光谱	极轨卫星	0.61/2.44	>30 天(不侧摆)	商业订购
IKONOS	全色/多光谱	极轨卫星	1/4	>30 天(不侧摆)	商业订购
GeoEye-1	全色/多光谱	极轨卫星	0.41/1.65	>30 天(不侧摆)	商业订购
WorldView-3	全色/多光谱	极轨卫星	0.31/1.24	>30 天(不侧摆)	商业订购
GF-1	全色/多光谱	极轨卫星	2/8	41 天(双相机组合, 不侧摆)	商业订购
GF-2	全色/多光谱	极轨卫星	1/4	69 天(双相机组合, 不侧摆)	商业订购
ZY3-02	全色/多光谱	极轨卫星	2.1/5.8	59 天(多相机组合, 不侧摆)	商业订购
Landsat 7,8	全色/多光谱	极轨卫星	15/30	16 天	免费获取
HJ-1/CCD	多光谱	极轨卫星	30	4 天(双相机组合)	免费获取
Sentinel-2	多光谱	极轨卫星	10/20/60	10 天	免费获取
SPOT 7	全色/多光谱	极轨卫星	1.5/6	26 天	商业订购
MODIS	多光谱	极轨卫星	250/500/1000	1 天	免费获取
FY-3/MERSI	多光谱	极轨卫星	250/1000	1 天	免费获取
AVHRR	多光谱	极轨卫星	1100	0.5 天	免费获取
FY-3/VIRR	多光谱	极轨卫星	1100	1 天	免费获取
MTSAT-2	多光谱	静止卫星	1000/4000	30 分钟	免费获取
GOES-15	多光谱	静止卫星	1000/4000	30 分钟	免费获取
FY-2	多光谱	静止卫星	1250/5000	30 分钟	免费获取

覆盖, 即使 Landsat 卫星能够在16天内实现对某一地区的重复访问, 一年内无云或少云的数据依然较少, 一年之内获取到云覆盖率低于10%的遥感影像的概率也只有10%左右^[9], 这在很大程度上影响了对地表动态变化的监测和研究。

针对时空分辨率矛盾以及其他客观因素的限制, 如果从“硬件”的角度出发, 需要发射更多、硬件技术要求更高的对地观测卫星来解决这一问题, 但是考虑到成本和硬件水平的限制, 这一方案往往不切实际。遥感影像时空融合^[3, 10-11]作为一种相对较新的影像融合手段, 是从“软件”的角度来解决卫星传感器的时-空分辨率矛盾的。遥感影像时空融合是利用已知的“时相密集”的低空间分辨率影像序列和与之部分时间点对应的“时相稀疏”的高空间分辨率影像序列来融合生成与低空间分辨率影像序列时相对应的“时相密集”的高空间分辨率影像序列。时空融合旨在将多源卫星遥感影像的高空间分辨率和高时间分辨率结合起来, 通过时空融合算法的处理, 生成目标研

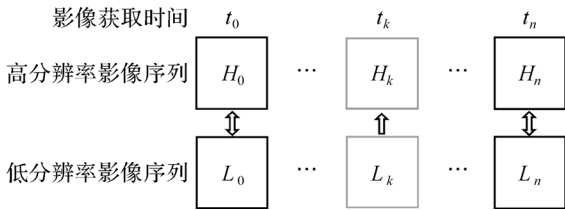


图 1 多源遥感影像时空融合示意图

究区域内具有高频次访问的高空间分辨率遥感影像序列, 其算法思想如图1所示。相对于“硬件”的解决方案, 时空融合在无需发射新的对地观测卫星的情况下, 是一种低成本、高效率、可行性强的解决技术手段。对于进一步拓展现有遥感影像的应用和研究价值, 时空融合依然是一种不可或缺的技术手段^[11]。

到目前为止, 国内外的学者做了大量关于时空融合算法的研究工作, 出现了基于不同算法原理、不同数据类型以及不同应用目的多种时空融合算法。例如, 能够预测同质地表季节变化的时空自适应反射率融合模型^[10]; 能够对异质地表的季节性变化得到较好预测结果的自适应时空融合模型^[12-13]; 针对地表反射率突发扰动事件制图的时空自适应算法^[14]; 能

够对地表季节和类别变化进行一体化融合的时空融合算法^[3-5]；能够生成高时空分辨率地表温度数据的时空融合模型^[15-17]。

这些时空融合算法往往都是基于数据来源、不同的原理或者不同的应用目的而提出的，其发展呈现出一种无序性。面对如此多样化的时空融合算法，本文对其进行了概括总结，分析了现在主要时空融合算法的基础理论假设和算法原理并加以归类，指出了时空融合算法所面临的问题和挑战，并展望了未来时空融合算法的进一步发展所需解决的问题，为相关的数据融合算法以及遥感应用研究提供理论参考和技术支撑。

1 遥感影像时空融合概述及分类

总体来说，时空融合都是基于两种理论基础来进行的：① 时相变化模型的空间尺度不变性；② 空间降尺度模型的时间一致性^[2]。时相变化模型的空间尺度不变性是指不同空间分辨率的遥感影像序列之间的时相变化模型是相互通用的；空间降尺度模型的时间一致性是指不同时相的高-低分辨率遥感影像之间的空间降尺度模型是相互通用的。

基于这两种理论假设，时空融合算法可以分为：① 基于地物类别组分的时空融合；② 基于地表空间信息的时空融合；③ 基于地物时相变化的时空融合；④ 组合性的时空融合。

1.1 基于地物组分的时空融合

基于地物组分的时空融合，其理论基础是不同地物类别的光谱信息在不同空间尺度下的关联模型具有时间一致性。这种类型的时空融合是在对已知时相的高分辨率影像进行分类或者分割的基础上，利用光谱混合理论建立已知时相的高分辨率影像和对应低分辨率影像之间的光谱混合模型；进而将这种光谱混合模型应用到待预测的未知时相的低-高分辨率影像对上，再利用不同地物组分在低分辨率影像上的时相变化信息和对应的光谱混合模型求解出高分辨率的时相变化

量，从而预测出未知时相的高分辨率影像。此外基于地物组分的时空融合还需满足两项假设：① 低空间分辨率影像像元内部不同组分所占的比例在观测时段内没有变化；② 同一组分内部的光谱差异可以忽略不计。基于地物组分的时空融合可以表达为

$$L(x_i, y_i, t_k) = \sum_{n=1}^N f_n \cdot \rho(n, t_k) + \epsilon \quad (1)$$

式中， $L(x_i, y_i, t_k)$ 是待预测时间点 t_k 的低分辨率像素 (x_i, y_i) ；N是地物的组分数量； f_n 是每一种地物组分在低分辨率像素中所占的比例； $\rho(n, t_k)$ 是组分n的光谱值； ϵ 是线性光谱混合模型的误差项。

由于基于地物组分的时空融合需满足假设①，故而也就限制了其不能应用于地物类别发生变化情况下的时空融合。因为地表的类别变化必然会导致不同组分所占的比例发生变化。同时，由于基于地物组分的时空融合是建立在线性光谱混合模型的基础之上的，因此该类融合亦不适用于地物光谱属于非线性混合的情况。

此外，多数基于地表组分的时空融合都是基于线性的光谱混合模型进行的，该模型中提取出各种地物的端元光谱值是很关键的，即得到纯净像元的像素值。但在实际应用中由于非线性光谱混合现象的大量存在，以及遥感影像空间分辨率和光谱分辨率的限制，各类地物的端元光谱值很难准确地获得，从而会对基于地表组分的时空融合产生不利的影响，增加其预测误差。

1.2 基于地表空间信息的时空融合

基于地表空间信息的时空融合，其理论基础是地物的空间细节信息在不同空间尺度下的关联模型具有时间一致性。这种类型的时空融合首先建立已知时相的低-高分辨率影像对之间的空间信息对应关系，并通过线性或者非线性的方式从已知的高分辨率影像中提取出高分辨率空间信息集合；然后将已知时相低-高分辨率影像对之间的空间信息对应关系应用到待预

测的未知时相的低-高空间分辨率影像对上，将未知时相的低分辨率影像用对应的高分辨率空间信息集合进行表达，从而预测出未知时相的高分辨率影像。理论上存在一个空间信息降尺度函数，使得

$$H(x_i, y_i, t_k) = h[L(x_i, y_i, t_k), SD(t_k)] \quad (2)$$

式中，h是一个空间尺度映射函数；SD(t_k)是待预测时间点的高分辨率空间细节信息集合，它是从已知时间点的高分辨率影像中通过线性^[12]或者非线性方式^[3]获取并最终被融入到 $L(x_i, y_i, t_k)$ 之中的。

因为线性的空间信息提取和融合方式的前提假设是高分辨率影像像元和低分辨率影像像元的空间尺度转换参数是线性的且具有时间一致性，所以线性的基于地表空间信息的时空融合只适用于土地覆盖未发生类别变化的情况，即为地表的空间细节信息在观测时段内保持不变的情况。而非线性的基于地表空间信息的时空融合则能适用于地表发生类别变化的情况，因为它能从已知时间点影像的所有像元中搜索与 $L(x_i, y_i, t_k)$ 中像元对应的空间细节信息，而无需空间尺度转换参数具有时间一致性这

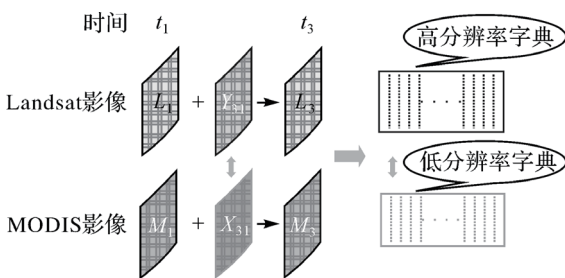


图2 SPSTFM 算法字典训练示意图

一假设。例如，文献[3]提出的SPSTFM算法(sparse representation-based spatio-temporal reflectance fusion model)就将稀疏表达的理论引入了时空融合算法，用非线性的方式提取出高-低分辨率的空间细节字典对，并用该字典对去重建待预测的高分辨率遥感影像，其空间细节字典对的训练

过程如图2所示。非线性的基于地表空间信息的融合方式虽然能够更好地重建出地表细节信息，但也会带来算法计算复杂度增加的问题^[3-4]。

1.3 基于地物时相变化的时空融合

基于地物时相变化的时空融合，其理论基础是地物的时相变化模型具有空间尺度的不变性。这种类型的时空融合首先建立已知时相和未知时相的低分辨率影像之间的时相变化模型，然后将所得到的时相变化模型应用于已知时相的高分辨率影像上，从而得到未知时相的高分辨率影像。这种时空融合可以用下述模型表达

$$H(x_i, y_i, t_k) = \omega[H(x_i, y_i, t_0), S(t_0, t_k)] \quad (3)$$

式中， ω 是一个时间变换映射函数； $S(t_0, t_k)$ 是从已知和待预测时间点的低分辨率影像中获得的地物时相变化模型参数。因为地物的时相变化模型具有空间尺度不变性，所以通过低分辨率影像得到的时相变化模型可以应用到对应高分辨率影像之间的时相变换。在一个局部窗口内，根据时相变化模型具有尺度不变性这一理论假设，时相变化模型一般可划分为3类：①差值变化，即为 $H(x_i, y_i, t_k) = H(x_i, y_i, t_0) + [L(x_i, y_i, t_k) - L(x_i, y_i, t_0)]$ ；②比值变化，即为 $H(x_i, y_i, t_k) = H(x_i, y_i, t_0) \cdot [L(x_i, y_i, t_k) / L(x_i, y_i, t_0)]$ ；③比率变化，即为 $H(x_i, y_i, t_k) = a \cdot H(x_i, y_i, t_0) + b$ ，其中参数a、b由 $L(x_i, y_i, t_k) = a \cdot L(x_i, y_i, t_0) + b$ 求得。比较有代表性的时空自适应反射率融合模型STARFM^[10](spatial and temporal adaptive reflectance fusion model)，就是基于局部移动窗口内的差值变化模型实现的。基于地物时相变化的时空融合应用比较广泛，例如在地表反射率^[18]、地表温度^[15,19]、地表蒸散^[20]、植被指数^[21]和叶面积指数^[22]等时序数据的生成；植被季节变化监测^[23]、作物长势监测^[24]等方面的应用。然而，地物的时相变化模型在不同空间尺度的不变性要求高分辨率影像的像元要位于对应的低分辨率影像像元的内部，或者位于对应低分辨率像元临近像元集合的内部，如此这些高-低分辨率像素才能具有相同的变化率。这一要求就限制了这类时

空融合在异质地表覆盖情况下的应用，因为异质的土地覆盖对应的低分辨率像元，可能包含了不同种类的高分辨率像元，故而不能保证空间上对应的高-低分辨率像元具有相同的变化率。

1.4 组合性的时空融合

对于组合性的时空融合，主要是指利用以上3种类型中的某两种类型的时空融合进行组合而成的一种组合性时空融合模型。

1.4.1 基于地物组分内空间信息的时空融合

这种类型的时空融合的理论假设是不同地物组分内部的空间信息在不同的空间尺度下的关联模型具有时间一致性。它是在对已知时间点的高分辨率图像进行分割或者分类之后，在不同的组分内部进行基于

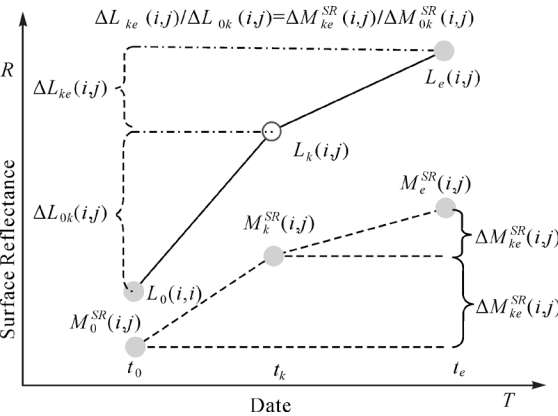


图3 U-STFM “变换趋势率”解算示意图^[5]

地物空间细节信息的时空融合算法处理，进而预测未知时相的高分辨率影像。文献^[5]提出了一个“变化趋势率”的概念，如图3所示，假设Landsat和MODIS的地表反射率数据在两个观测时间段内的时间变化趋势率是相同的。在此基础上，假设每一种组分内部的空间细节在不同空间分辨率影像之间的关系具有时间一致性并解算出待预测的高分辨率影像。

1.4.2 基于地物组分内时相变化的时空融合

这种组合性的时空融合是基于不同的地物组分而不是低分辨率像素来建立地物的时相变化模型，在对已知时相的高分辨率图像进行分割或者分类从而得到

不同的地物组分之后，假设不同组分的时相变化模型具有空间尺度不变性，再预测未知时相的高分辨率影像。文献^[25]首先对高分辨率的图像进行分类从而获取高分辨率的地物组分，假设不同组分的时相变化具有空间一致性，然后针对不同的组分进行基于地物时相变化的时空融合。文献^[26]首先对低分辨率影像进行非监督分类获取低分辨率的地表组分图，通过对应组分内部无云的纯净像元建立回归关系来获得不同时相之间像素的时相变化关系。

2 时空融合面临的问题和挑战

多源遥感影像的时空融合需要融合来自不同卫星、不同传感器、不同时相、不同类型的遥感影像，融合结果的精度也理所当然地受这些多源遥感数据的辐射和几何不一致性的影响^[25]。因此，也有一部分研究将高分辨率的影像进行降采样之后的模拟低分辨率影像作为低分辨率数据源进行时空融合研究^[13, 25, 27]。因此，就能排除数据在辐射和几何方面的不一致性所带来的负面影响，从而聚焦于时空融合算法本身的研究，因为在这种情况下，误差的来源只会是时空融合算法自身^[13]。但是，这种实验策略在实际应用情况中是不现实的，因为在处理真实的多源遥感数据时，其几何和空间不一致性不可避免地会给融合精度带来不可忽视的误差^[2]。

2.1 多源遥感影像的辐射差异

由于地表和大气环境的变化、不同卫星获取数据时的双向反射分布函数（bidirectional reflectance distribution function，BRDF）的差异、多源传感器光谱分辨率的差异、不同卫星辐射定标精度的差异，以及不同空间分辨率的像元混合效应的差别等因素的影响^[2, 25, 28-29]，导致多源传感器、多时相以及多分辨率的遥感影像相互之间具有辐射亮度的差异。如果地表覆盖异质性较高，或者时相变化较为复杂，则多源遥感数据的辐射度差异会导致更严重的时空融合误差。此外，如果在融合过

程中不对多源数据的辐射度差异进行处理，则会导致基于地表组分的时空融合与其他类型的时空融合结果具有不同的辐射度特征。即为基于地表组分的时空融合结果具有类似于低分辨率影像的辐射度特征，其他类型时空融合方法的结果具有类似于高分辨率影像的辐射度特征^[2]。

2.2 多源遥感影像的几何配准差异

由于上述的时空融合算法基本都是像素级或者特征级^[30]的图像融合算法，故而这些算法都要求待融合的多源遥感影像具有很高的几何配准精度^[5, 13, 25]。然而，由于不同卫星的数据获取方式的不同、不同时刻卫星姿态的不同及扰动等因素的影响，导致多源传感器、多时相的遥感影像相互之间往往都不是精确配准的。此外，由于数据预处理步骤的不同或者高级数据产品生产过程中重采样、重投影等处理也会影响遥感影像的几何精度^[2]。例如，采用全球正弦投影的MODIS数据标准产品在中纬度和两极地区的图像几何畸变尤为明显^[31]。

2.3 混合像元模型的复杂性

卫星遥感影像的单个像元记录的是卫星传感器在瞬时视场角内所覆盖的地面范围内总的地物辐射能量。由于卫星传感器空间分辨率的限制、自然界地物的复杂性、地表辐射多次散射等因素的影响^[8]，混合像元普遍存在，且低分辨率影像像元的混合程度更加明显。一般的，低分辨率的混合像元可以被认为是对应高分辨率影像中纯净像元的加权之和。现有的绝大部分时空融合算法，例如基于地表组分的时空融合模型，所采用的混合像元模型都是线性的^[5, 13, 25]，即假设到达卫星传感器的地表辐射是由唯一的光谱端元组分直接反射而来^[8]。线性的混合像元模型适用于较大面积的同质地物覆盖的情况，当地物复杂度较高、异质性较强的时候，不同地物之间的相互多次散射也会增加，从而使得入瞳辐射产生非线性混合。线性的混合像元模型仅仅是非线性混合像元模型的特例。因此，在时空融合模型中恰当地引入非

线性的混合像元模型并提高时空融合的精度，是一个有待进一步研究的问题。

2.4 地物时相变化模型的复杂性

针对已知时间点和待预测时间点之间的地物时相变化，多数时空融合算法都是采用线性的地物变化模型^[12, 32]。然而在实际情况中，人为因素引起的土地利用变化模型往往是非线性的，例如文献^[33]就用WRF/UCM（weather research forecast / urban canopy model）系统来模拟和预测未来城市扩张对城市热岛效应的影响；自然因素引起的地物时相变化也不一定都遵循线性的变化趋势，文献^[3]用稀疏表达理论以非线性的方式重建了待预测高分辨率影像中的空间细节信息。因此，将非线性的地物时相变化模型恰当地引入时空融合模型用以模拟复杂多样的地物时相变化，并提高时空融合的精度是必要的。

3 时空融合的前瞻

3.1 算法的通用性

虽然现在已经涌现了多种多样的时空融合算法，但这些算法都被局限于特定的数据源、算法原理或者应用目的。一方面，由于不同的数据源具有不同的几何、辐射、量纲属性^[2, 13]，使得即使是同一种融合算法在应用于不同的数据源时，其融合结果的精度差异都比较大，例如STARFM在应用于同质地表反射率数据时能获得较好的预测效果，但在用于地表温度的时空融合时就难以获得较好的预测效果^[15]。另一方面，时空融合算法研究时段内地物的时相变化以及地表覆盖情况是非常复杂的，包括季节变化^[10]、类别变化^[3-4]以及突发扰动事件^[14]；同质的地表^[10]和异质的地表覆盖^[12-13]等。在应对复杂的时相变化和地表覆盖时，采用不同的时空融合算法得到的融合结果差异性较大，例如STARFM在捕捉较为同质的地表覆盖的季相变化时效果较好，但在预测异质地表的时相变化时效果就较差^[12]。虽然文献^[12]针对异质地表覆盖地貌的时空融合做了改

进,但依然无法捕捉到地物的类别变化^[3-5]。SPSTFM 采用了稀疏表达的理论去重建未知时间点的高分辨率影像,能够实现季节变化和类别变化的一体化融合,但是在应用于大批量、大范围内的遥感影像的时空融合时,其较高的算法复杂度需要采用并行计算或者进一步的算法优化来提高其运行效率。总的来说,目前尚未有一种能够适用于不同数据源和应用目的的时空融合算法出现,不仅能够考虑数据的多样性,而且能针对不同卫星传感器或者不同类型的数据都获得较好的融合效果,从而达到具有广泛实用性的价值。

3.2 算法的鲁棒性

现有的时空融合算法都有特定的一些算法参数,这些算法参数都会在一定程度上影响最终融合结果的精度。例如在 STARFM 中,预估的地物类别数和移动窗口的尺寸是非常重要的两个参数。预估的地物类别数越高,预测结果的精度越高;移动窗口的尺寸越大,预测结果的精度越高^[25];基于一对已知影像进行字典学习的时空融合方法^[4]需要设置训练字典的尺寸大小,尺寸过大或者过小都不太适宜。但是当用户在实际应用中面对大批量、多样化的遥感影像时,用户很难去逐个对每一次的时空融合算法处理去设定合适的或者普适的算法参数。因此,降低时空融合算法对模型参数的敏感度、减少时空融合算法对参数的依赖性,以提升算法本身的鲁棒性,对于时空融合算法的推广使用是有很重要的实际意义的。

4 结语

遥感影像的时空融合是一种针对地观测系统中卫星传感器的时间-空间分辨率折中而提出的一种成本低、灵活性强、可行性高的解决方案。时空融合既很好地解决了现阶段卫星遥感数据“又多又少”的问题,又为多种遥感应用了高时空分辨率的遥感影像,例如地表反射率、地表温度、植被指数等重要环境因

子的时间序列分析研究。时空融合极大地提高了遥感数据的利用率,其数据融合思想也为其他研究领域的数据融合或者数据集成利用奠定了理论参考和科学支撑,并提供了可行的技术手段。现有时空融合算法的基础理论假设主要包括时相变化模型的空间尺度不变性和空间降尺度模型的时间一致性。基于这两种假设机制,时空融合算法可以分为基于地物类别组分的时空融合、基于地表空间信息的时空融合、基于地物时相变化的时空融合以及组合性的时空融合。现阶段基于不同原理、不同假设、不同应用、不同数据源的时空融合方法研究层出不穷,并且已经成功应用于多种遥感应用之中。然而,无论是基于何种原理或者何种应用的时空融合算法,它们都有各自的优点和局限性,时空融合算法的发展还未达到成熟的程度。多源遥感影像的几何和辐射特性差异的校正、异质地表混合像元模型的非线性散射特征的处理、地物时相变化模型的精确建模,以及算法的通用性和鲁棒性提升等方面仍有待进一步的深入研究。

参考文献:

[1] TONGXudong, ZHAO Wenbo, XINGJin, et al. Statusand DevelopmentofChinaHigh G resolutionEarthObservation SystemandApplication[C]//Proceedings of 2016IEEE International Geoscienceand RemoteSensing Symposium(IGARSS).Beijing:IEEE, 2016:3738-3741.

[2] ZHANG H K, HUANGBo, ZHANG Ming, et al. A GeneralizationofSpatialand TemporalFusion Methods forRemotelySensedSurfaceParameters [J]. International JournalofRemoteSensing, 2015, 36(17):4411-4445.

[3] HUANGBo, SONG Huihui. SpatiotemporalReflectance FusionviaSparseRepresentation [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2012, 50(10):3707-3716.

[4] SONG Huihui, HUANGBo. SpatiotemporalSatelliteImage Fusion Through One G pairImage Learning [J]. IEEE TransactionsonGeoscienceandRemoteSensing, 2013, 51(4): 1883-1896.

[5] HUANGBo, ZHANG Hankui. Spatio G temporalReflectance FusionviaUnmixing: AccountingforBothPhenological and Land G cover Changes [J]. InternationalJournalof RemoteSensing, 2014, 35(16): 6213-6233.

[6] IRONSJR, DWYERJL, BARSIIJA. TheNextLandsat Satellite: The Landsat Data Continuity Mission [J]. RemoteSensingofEnvironment,2012, 122:11-21.

[7] CHANDERG, MARKHAML, HELDERDL. Summary ofCurrentRadiometricCalibrationCoefficientsfor Landsat MSS, TM, ETM+, andEO G 1ALISensors [J]. Remote SensingofEnvironment, 2009, 113(5): 893-903.

[8] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2013.

[9] LECKIEDG. AdvancesinRemoteSensingTechnologies forForestSurveysandManagement [J]. CanadianJournal ofForestResearch, 1990, 20(4): 464-483.

[10] GAOFeng, MASEKJ, SCHWALLER M, et al. Onthe BlendingoftheLandsatandMOD ISSurfaceReflectance: PredictingDaily LandsatSurfaceReflectance [J]. IEEETransactionsonGeoscienceandRemoteSensing, 2006, 44(8): 2207-2218.

[11] GAOFeng, HILKERT, ZHUXiaolin, et al. FusingLandsat and MODIS DataforVegetation Monitoring [J]. IEEE GeoscienceandRemoteSensing Magazine, 2015, 3(3):47-60.

[12] ZHUXiaolin, CHENJin, GAOFeng, et al.

. AnEnhanced SpatialandTemporalAdaptiveReflectanceFusion Model forComplexHeterogeneousRegions [J]. RemoteSensing ofEnvironment, 2010, 114(11): 2610-2623.

[13] ZHUXiaolin, HELMEREH, GAOFeng, et al. AFlexible SpatiotemporalMethodforFusingSatelliteImaeswith DifferentResolutions [J]. RemoteSensingofEnvironment, 2016, 172: 165-177.

[14] HILKERT, WULDERMA, COOPSNC, et al. ANewData

转载自《测绘学报》

高分辨率光学卫星遥感影像高精度无地面控制精 确处理的理论与方法

龚健雅^{1, 2}, 王 密², 杨 博^{2, 3, 4}

(1. 武汉大学遥感信息工程学院, 湖北 武汉 ; 2. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 ;
3. 武汉大学计算机学院, 湖北 武汉 ; 4. 地球空间信息协同创新中心, 湖北 武汉 4 3 0 0 7 9)

摘 要：卫星影像全球无地面控制高精度几何定位是卫星摄影测量技术发展追求的主要目标，也是实现困难地区和境外地区测图的关键支撑技术。本文围绕我国国产遥感卫星的技术发展，详细论述了高分辨率光学卫星遥感影像高精度无地面控制几何定位的理论与方法，在天星地一体化全链路误差建模分析的基础上，提出了在轨几何定标理论与方法、稳态重成像几何处理模型与方法及大规模无地面控制区域网平差理论与方法。将本文方法应用于资源三号卫星影像的数据处理，试验结果满足 1：50000 测图精度，证明了理论和方法的正确性。

关键词：高分辨率遥感影像；高精度无地面控制几何处理；在轨几何定标；虚拟重成像；大区域无地面控制整体平差；资源三号

光学卫星遥感影像的几何定位精度取决于卫 星平台硬件观测精度及数据处理水平。自 2 0 世纪 9 0 年代起，随着卫星在轨几何定标、定姿、定轨及时间同步等技术的发展，光学卫星遥感影像的严密成像几何模型精度的提高，光学卫星的几何定位和处理逐步摆脱了对大量地面控制点的依赖，向稀少地面控制发展。现代卫星平台采用高精度定轨、定姿和时间测量器件，无地面控制几何定位精度越来越高。2007 年起发射的 WorldView 系列 卫 星，其 无 地 面 控 制 定 位 精 度 达 到 3. 5m(CE 9 0)；2 0 1 1 年 起 发 射 的 Pleiades 系列 及 SPOT G 6 / 7 卫 星，其 无 地 面 控 制 定 位 精 度 达 到 1 0m(CE 9 0)；2 0 0 8 年 发 射 的 GeoEye G 1 卫 星，其 无 地 面 控 制 定 位 精 度 更 达 到 2. 5m(CE 9 0)^[1-2]。可见，当前国际先进高分辨率光学卫星的无地面控制精度已发展到 2~3m，使得未来高分辨率卫星遥感影像应用逐步摆脱地面控制点的限制，实现无地面控制的高精度几何处理和应用。

过去 2 0 年，我国高分辨率光学遥感卫星首先

实现了从无到有的跨越式发展。“十一五”期间，我国发射了多颗军民高分辨率光学遥感卫星，军用分辨率达到 1m，民用分辨率达到 2. 3 6m，但是无地面控制几何定位精度仍处于在数百米量级，与国外差 1~2 个数量级，无法满足立体测绘、目标侦查、灾害预警等高精度应用需求。而近 5 年来，随着资源三号等测绘卫星的成功发射应用，我国卫星摄影测量理论和技术得到了极大的提升。基于高精度姿轨、时间测量技术和在轨几何定标技术，资源三号测绘卫星的单景无地面控制精度优于 1 5m，内部精度优于 1 个像素^[3]，达到国际先进水平，可支撑全球无地面控制测图工程的实施，并逐渐完善了卫星摄影测量高精度几何处理的理论和方法。

针对高分辨率光学遥感影像无地面控制高精度几何定位的关键问题，本文系统性地提出了完整的无地面控制精确处理理论与方法。本文方法以光学卫星全链路误差理论分析及定量建模为基础，将影像产品定位误差分解反馈于光学卫星平台指标论证阶段，指导高精度光学卫星平台的硬件设计及结构设计；并以最

大限度地修正光学遥感卫星数据中存在的系统误差和偶然误差为目标，针对几何成像模型中存在的系统误差、影像内部畸变和影像间的拼接误差、姿轨观测偶然误差，分别提出了基于探元指向角的在轨几何定标方法、基于虚拟 CCD 的稳态重成像方法和基于虚拟控制点的大规模无地面控制区域网平差方法。采用本文的理论方法，我国资源三号测绘卫星影像的无地面控制定位精度优于 5m，全面优于法国 SPOT-5、日本 ALOS 和印度 P 5 等卫星，居国际同类卫星领先水平。该项成果结束了我国遥感卫星几何精度不高，无法用于精确测图的历史，为全球空间数据基础设施的建设和我国“走出去”的战略实施奠定了技术基础。

1 无地面控制几何定位的理论与方法

1.1 无地面控制几何定位模型

光学卫星严密成像几何模型以共线方程为基础构建。共线方程作为卫星影像几何处理的基本模型，其实质为相机投影中心、像点及对应的物方点三点共线^[4]，也可理解为在相机坐标系下以成像投影中心为起点、像点为终点的像方矢量 V_{image} 与在物方坐标系下以投影中心为起点、像点对应物方点为终点的物方

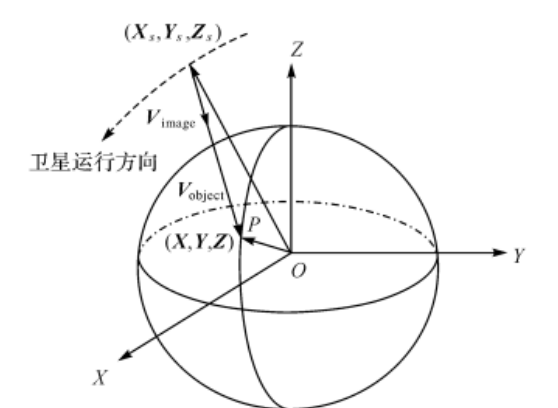


图 1 矢量共线图

矢量 V_{object} 共线^[5-6]，如图 1 所示。

高分辨率光学卫星一般采用线阵 CCD 推扫成像方式获取对地观测影像。在每一成像时刻，卫星仅获取一行影像，随卫星运动形成连续的条带影像。每一扫描行影像是独立成像，且均为中心投影成像，满足投影成像共线方程。由此建立基本成像模型如式（1）所示

$$\begin{bmatrix} x+x_0+\Delta x \\ y+y_0+\Delta y \\ f \end{bmatrix} = \lambda \cdot \mathbf{R}_{\text{body}}^{\text{cam}} \left(\mathbf{R}_{\text{J2000}}^{\text{body}}(t) \mathbf{R}_{\text{WGS84}}^{\text{J2000}}(t) \begin{bmatrix} \mathbf{X}-\mathbf{X}_{\text{GPS}}(t) \\ \mathbf{Y}-\mathbf{Y}_{\text{GPS}}(t) \\ \mathbf{Z}-\mathbf{Z}_{\text{GPS}}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{D}_x \\ \mathbf{D}_y \\ \mathbf{D}_z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{d}_x \\ \mathbf{d}_y \\ \mathbf{d}_z \end{bmatrix} \right) \quad (1)$$

式中，x、y 为像点在像方坐标系下的坐标；x₀、y₀ 分别表示为像主点在焦平面 x 和 y 轴方向的偏移；Δx、Δy 分别代表物镜在焦平面 x 和 y 轴方向的畸变；λ 为成像比例尺；R_{body}^{cam}、R_{J2000}^{body}(t)、R_{WGS-84}^{J2000}(t) 均为 3×3 的方阵，分别代表卫星本体坐标系到传感器坐标系、J2000 坐标系到卫星本体坐标系，以及 WGS G 84 坐标系到 J2000 坐标系的旋转矩阵，R_{body}^{cam} 通过实验室检校及在轨几何定标获得，在长时间内可认为是一个常数，R_{J2000}^{body}(t) 通过成像时刻 t 内插姿态观测四元数获得，R_{WGS-84}^{J2000}(t) 为 WGS G 8 4 坐标系到 J2000 坐标系的旋转矩阵；(X, Y, Z)^T 为像点对应地物点在物方坐标系下的坐标矢量；(X_{GPS}, Y_{GPS}, Z_{GPS})^T 为 GPS 天线相位中心在 WGS G 8 4 直角坐标下的坐标矢量，通过成像时刻 t 内插 GPS 观测值获得；(D_x, D_y, D_z)^T_{body} 与 (d_x, d_y, d_z)^T_{body} 分别为 GPS 的偏心矢量与投影中心的偏移矢量。

在无地面控制条件下，严密成像几何模型与地球椭球面模型相交，在高精度数字高程模型的支持下，进行目标几何定位，椭球模型如式（2）所示

$$\frac{X^2+Y^2}{A^2} + \frac{Z^2}{B^2} = 1 \quad (2)$$

式 中 , $A = ae + h$; $B = be + h$; $ae = 6\ 3\ 7\ 8\ 1\ 3\ 7.0\text{m}$ 和 $be = 6\ 3\ 5\ 6\ 7\ 5\ 2.3\text{m}$ 分别为 WGS-84 地球椭球的长短半轴 ; h 为观测目标的椭球高,在 DEM 数据的支持下,可通过地理坐标内插得到。

1. 2 无地面控制几何定位关键技术

1.2.1 天星地全链路误差分析

高分辨率光学卫星遥感影像无地面控制的几何定位精度与成像各环节的观测精度有关,成像链路的几何误差建模分析是高精度几何定位处理的理论基础。由上文所述严密几何成像模型可知,影响因素包括卫星姿态观测精度、轨道观测精度、时间同步精度、相机参数精度及观测条件等。

按测量误差特性分类,高分辨率光学卫星成像观测误差可分为粗差、系统误差和偶然误差^[7]。粗差主要包含星上仪器观测、数据传输、数据处理过程中由于差错得到的错误值;系统误差主要包含相机星敏安装误差、GPS 相位中心与投影中心偏差、相机 CCD 形变、主点主距及物镜畸变误差;偶然误差主要包含星敏姿态观测、轨道观测、星上时间同步及姿态高频震颤的随机误差。针对光学卫星定位多类误差源对高精度处理的复杂影响,本文从理论分析与仿真试验出发,构建了光学卫星全链路定位精度定量分析模型,包含各类观测误差源对影像几何质量的影响机理、数学建模及其相互之间的耦合性,为影像的高精度几何处理奠定了理论基础,并有效应用于卫星平台设计与指标论证,实现了光学卫星数据处理的天地一体化。

由全链路误差分析得知,高精度无地面控制测图的应用需求首先对卫星平台的硬件设计提出了时间、轨道及姿态测量的精度、频次要求。在此基础上,为最大限度地消除观测参数中的系统误差与偶然误差,地面数据处理系统需针对存在系统误差的观测参数进行标定补偿,并针对卫星平台的不稳定性及星载光学相机的结构特性采用高精度传感器校正方法,消除影像内部畸变;在单片影像内部精度一致性良好的基础上,可通过无地面控制区域网平差手段,利用一定范

围内影像间的约束,进一步提高大范围影像的整体定位精度水平。

1.2.2 在轨几何定标模型与方法

卫星影像在轨几何定标是高精度卫星遥感测绘的瓶颈问题,其本质是补偿影像定位中存在的系统误差,由于卫星影像传感器内外部几何参数相关性、光学系统发射升空过程中的动态变形等难题,国产光学遥感卫星传感器的几何定标,特别是内部畸变的标定在较长的一段时间内一直是一个空白,导致国产光学卫星遥感影像不仅绝对定位精度低,内部相对精度也很有限^[8-13]。针对该难题,这里提出了基于 CCD 探元指向角和相机安装角的综合指向角定标模型,有效地克服了线阵推扫成像内外部误差的强相关国际难题,精确地恢复了相机成像视场每个探元的光线指向,实现了内外方位元素和镜头畸变误差的精确标定;在此基础上,主持建立了我国第一个民用遥感卫星高精度几何定标场,如图 2 所示。此外,针对在轨几何定标中存在的姿态测量误差的影响及某些区域可用特征少等问题,提出了基于自然地物点密集影像匹配和多检校场、多类型控制点的高精度几何定标技术和方法,实现了光学遥感卫星在复杂条件下的自动化几何定标。

基于该方法,自主研制了高分辨率光学遥感卫星几何定标系统,全面攻克了我国光学遥感卫星几何定标的技术难题,建立了光学遥感卫星影像在轨几何定标的技术体系,并成功应用于“资源三号”“资源一号 0 2C”“高分 1 号”“高分 2 号”“遥感”系列等所有在轨光学遥感卫星影像的几何定标,将我国遥感卫星的内部几何精度从 5~6 个像元提高到了 1 个像元以内。“资源三号”等卫星的内方位元素标定精度优于 0.25 像元,影像单景无地面控制点定位精度提高到 15m^[3,14-15]。

1.2.3 稳态重成像几何处理模型与方法

为了满足高分辨率和宽视场成像要求,星载高分辨率光学相机设计复杂,主要表现为:①采用折返式光学系统光路结构设计,光轴与视轴不重合、焦距与主距不一致、像主点与视主点不统一,导致 CCD 偏

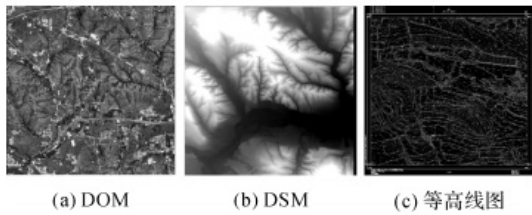


图 2 嵩山定标场示意图

视场成像,内、外方位元素高度相关;②采用多片 TDICCD 拼接成像和多相机拼接成像,原始影像存在单片积分时间跳变、多片异速成像、多片 CCD 不共线、多波段不配准、双相机拼接等问题^[16-17]。除此之外,随着分辨率的提高,平台震颤也成为影响高分辨率卫星遥感影像几何精度的重要因素之一^[18]。

针对上述问题,本文提出了基于虚拟 CCD 的稳态重成像传感器校正方法,其基本思想是:利用理想无畸变的虚拟 CCD 线阵替代原始多片、多波段 CCD 在理想无平台震颤条件下成像,在高精度在轨几何定标、精密定姿、精密定轨技术支持下,分别建立原始影像与稳态重成像严密几何模型,然后基于原始影像与虚拟影像几何定位一致性原理,建立二者的坐标映射关系,生成完整无畸变的虚拟影像,同时生成高精度的有理函数模型(rationalfunction model,RFM),为后续应用提供高精度数据基础。

利用资源三号卫星三线阵数据进行试验验证与分析,结果表明:基于虚拟 CCD 稳态重成像传感器校正方法可有效校正由于相机设计和平台震颤引起的影像内部畸变,将影像内部精度从 1~2 个像素提高到 0.5 个像素以内。将该方法应用到资源三号多光谱影像处理中,结果表明,该方法在校正影像畸变的同时,提高了波段配准精度,多光谱影像内部精度达到 0.3 个像素,波段间配准精度优于 0.15 个像素。

1.2.4 大规模无地面控制区域网平差方法

单景影像产品经在轨几何定标修正系统误差及稳态重成像处理优化内部精度后,由于存在姿轨观测偶然误差,单景仍无法实现定位的可靠性,且影像间存在较显著的配准、拼接误差,若要满足无地面控制测

图的应用需求,必须通过无地面控制区域网整体平差处理技术^[19-29]。针对该问题,本文在虚拟重成像技术生成高精度单片影像 RPC 模型的基础上,提出了一种基于虚拟控制点的超大规模无地面控制区域平差方法,在保证影像的初始定位精度的同时修正影像之间的相对定向误差,提高大规模影像的整体定位精度水平。然而,在超大规模(万张以上影像)卫星摄影测量平差中,由于缺少控制点的约束,平差模型的自由度较高,直接将待平差参数作为自由未知数会导致法方程矩阵的病态,进而使得平差精度不稳定及误差容易过度累积而引起网的扭曲变形。此外,当影像数量较多时,影像和模型之间的复杂连接,大区域海量影像的连接点匹配和平差,均是境外大区域高精度测图需要解决的难题。针对大规模无地面控制区域网平差中存在的这些关键科学问题,分别采用超大规模卫星影像不规则区域网连接点自动匹配技术和平差技术,支持上万景立体影像的自动匹配、上亿个连接点规模的区域网平差处理,实现了自动挑点和粗差剔除技术,确保了连接点的良好分布、高重叠度和高可靠性。基于本方法开发的无地面控制大规模区域网平差处理软件不但可实现无地面控制条件下海量数据的联合处理,同时能够支持低重叠度、短基线、弱连接、不规则区域网结构等各种病态条件下的空三平差处理。

2 试验与分析

2. 1 试验数据

基于本文方法对资源三号卫星获取的覆盖中国大陆的 8802 景三线阵立体像对(共 26406 景影像)进行了无地面控制区域网平差试验。试验影像每景影像均附带 RPC 参数文件,相邻影像之间具有一定的重叠度,影像数据量约 20TB。测区覆盖面积约 900 万 km²,约占中国国土面积 93%以上,仅在广西、贵州等局部区域由于天气原因而缺少有效影像数据。测区内包含高原、山地、丘陵、平原及沙漠等多类地形,最大最小高程起伏达 8000m 以上。为了对平差结果的几何精度进行分析与验证,在全国范

围内通过 GPS 外业测量，共获取了约 8 0 0 0 余个高精度控制点（平面和高程精度均优于 0.1 m）。

资源三号卫星于 2 0 1 2 年 1 月 9 日发射升空，在轨稳定运行后利用河南安阳定标场成像数据及高精度参考 DOM/DEM 数据完成三线阵相机的在轨几何定标，显著补偿相机内部畸变及平台安装关系等系统误差，单景影像平面定位精度从定标前 1 4 0 0 m 左右提高到定标后 1 5 m 以内；进而采用基于稳态重成像的传感器校正方法，有效改善由平台运动等引起的内部畸变并提高影像内部几何精度到 1 个像素以内，生成试验数据每景影像的高精度 RFM 模型，为高精度无地面控制区域网平差处理提供基础。

2.2 试验方法

对上述 ZY 3 卫星影像数据，利用 1 0 0 个高性能计算节点组成的集群计算环境（该环境由中国资源卫星应用中心提供，每个节点均配置了一个 6 核 Xeon G L 7 4 5 5 的 CPU 和 1 2 8 GB 的内存），约耗费 2 h 在整个测区内自动匹配了约 3 0 0 万个均匀分布且可靠性较高的连接点。并对各景影像在像方均匀划分 3 × 3 格网，对每个格网的中心点按前述方法生成虚拟控制点，每景影像生成 9 个虚拟控制点，共生成 2 3 7 6 5 4 个虚拟控制点。按照本文方法将生成的虚拟控制点与连接点一起进行联合平差，平差过程在个人普通 PC 机（CPU 为双核 Inteli 5，内存空间为 8 GB）上完成，仅需两次迭代解算就已收敛，共耗时约 1 5 min。这表明，在常规自由网平差模型中，通过引入虚拟控制点作为带权观测值，能够有效改善平差模型的状态，使平差模型具有良好的收敛性。为了对平差结果的精度进行评价，分别对平差后生产的 DOM 产品的绝对几何定位精度和拼接精度进行验证。

2.3 试验结果

试验中利用覆盖全国范围的高精度外业控制点作为独立检查点，分别对 DOM 和 DSM 产品的平面和高程几何精度进行了验证。为了更加科学地分析区域网几何精度，特别是内部几何精度的均匀性，不仅对所有检查点整体统计其几何误差的均值、中误差和最大

值等精度指标，还根据检查点的分布情况将全国划分为 5 个子区域，分别统计各子区域内的检查点几何误差的精度指标，结果见表 1。

从表 1 中可以得出以下结论：①不论是平面还是高程方向，各子区域检查点误差的均值和中误差基本相当，无明显差异；②各子区域平面和高程的误差均值均接近于 0，区域网整体在空间中无明显的偏移性系统误差；③各子区域内检查点的平面和高程最大误差值均控制在 3 倍中误差以内。以上结论说明：①

表 1 平差后绝对几何定位精度统计

区域	均差			中误差				最大误差			
	X	Y	Z	X	Y	XY	Z	X	Y	XY	Z
西部	0.62	0.71	0.23	2.76	3.12	4.16	4.41	4.84	5.17	7.08	7.67
南部	-0.64	-0.57	-0.87	3.08	3.12	4.38	2.67	6.12	5.86	8.47	9.03
中部	0.12	0.43	0.56	2.03	1.98	2.83	2.45	5.65	4.98	7.53	6.86
东北	-0.87	-0.03	0.08	3.13	3.07	3.68	3.95	7.21	5.56	9.10	9.64
东部	0.13	0.26	-0.17	2.16	2.23	3.10	2.73	4.21	3.79	5.66	6.75
全国	0.19	-0.33	0.57	2.44	2.68	3.62	3.63	7.21	5.56	9.10	8.46

虚拟控制点能够对区域网内部的误差累积起到一定的约束作用，避免了区域网的扭曲变形而使得中心与边缘精度不一致，保证了区域网内部几何精度的均匀性；②每个虚拟控制点相当于一个具有一定精度的控制点观测值，根据平差理论，大量的虚拟控制点能够显著提高待平差参数的估计精度，从而实现网的无偏估计，为无地面控制点条件下达到有控制点的测图精度提供了一种简单实用的方法；③虚拟控制点的引入能够有效改善平差模型的状态，避免了无地面控制点时由于平差模型病态而导致解算结果不稳定、几何精度异常的问题，保证了平差结果具有高可靠性。

3 总结与展望

本文系统地介绍了高分辨率光学卫星遥感影像高精度无地面控制精确处理的理论与方法，分别从天星地全链路误差理论分析、在轨几何定标、基于稳态重成像的传感器几何校正和大规模无地面控制区域网平差 3 个方面对光学遥感影像全链路高精度几何处理的

关键问题进行阐述，并将本文方法应用于资源三号卫星进行了验证，进而评价本文所提出方法的可行性。试验表明，本文的理论方法可以有效补偿资源三号测绘卫星数据中存在的系统误差和偶然误差，在轨几何定标后单景无地面控制精度提高到 1 5 m，内部精度优于 1 个像素，经过无地面控制大区域空三处理后，影像的平面和高程精度进一步提高到 5 m 以内，满足全球 1：5 0 0 0 0 测图精度要求，为我国国产卫星影像支持全球地理信息资源建设奠定了工程应用基础。

参考文献：

[1] 朱仁璋，丛云天，王鸿芳，等. 全球高分光学星概述（一）：美国和加拿大[J]. 航天器工程，2 0 1 5，2 4（6）：8 5-1 0 6.

[2] 朱仁璋，丛云天，王鸿芳，等. 全球高分光学星概述（二）：欧洲[J]. 航天器工程，2 0 1 6，2 5（1）：9 5-1 1 8.

[3] 李德仁，王密. “资源三号”卫星在轨几何定标及精度评估[J]. 航天返回与遥感，2 0 1 2，3 3（3）：1-6.

[4] 王之卓. 摄影测量原理[M]. 武汉：武汉大学出版社，2 0 0 7.

[5] POLID. A Rigorous Model for Spaceborne Linear Array Sensors[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2007, 73（2）：187-196.

[6] TOUTINT. Review Article: Geometric Processing of Remote Sensing Images: Models, Algorithms and Methods[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(10): 1893-1924.

[7] 李德仁，袁修孝. 误差处理与可靠性理论[M]. 武汉：武汉大学出版社，2002.

[8] DIAL G. IKONOS Satellite Mapping Accuracy[C] // Proceedings of ASPRS Annual Convention. Washington DC: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000: 371-378.

[9] FRASERCS, HANLEY H B, YAMAKAWA T. High Precision Geopositioning from IKONOS Satellite Imagery[C] // Proceedings ASPRS Annual Meeting. Washington DC: ASPRS, 2002.

[10] FRASERCS, BALTSAVIASE, GRUEN A. Processing of IKONOS Imagery for Submetre 3D Positioning and Building Extraction[J]. Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2002, 5 6（3）：1 7 7-1 9 4.

[11] BALTSAVIASE, LIZ, EISENBEISSH. DSM Generation and Interior Orientation Determination of IKONOS Images Using a Testfield in Switzerland[J]. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation, 2006, 2006(1): 4 1-5 4.

[12] BOUILLONA, BEMARDM, GIGORDP, et al. SPOT 5 HRS Geometric Performances: Using Block Adjustment as a Key Issue to Improve Quality of DEM Generation[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2 0 0 6，6 0（3）：1 3 4-1 4 6.

[13] 雷蓉. 星载线阵传感器在轨几何定标的理论与算法研究[D]. 郑州：信息工程大学，2 0 1 1.

[14] 杨博，王密. 资源一号 0 2 C 卫星全色相机在轨几何定标方法[J]. 遥感学报，2013, 17(5): 1 1 7 5-1 1 9 0.

[15] WANG Mi, YANG Bo, HU Fen, et al. On G Orbit Geometric Calibration Model and Its Applications for High G resolution Optical Satellite Imagery[J]. Remote Sensing, 2014, 6(5): 4 3 9 1 4 4 0 8.

[16] TAOCV, HU Yong. A Comprehensive Study of the Rational Function Model for Photogrammetric Processing[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2001, 67(12): 1 3 4 7-1 3 5 7.

[17] 胡芬. 三片非共线 TDICCD 成像数据内视场拼接理论与算法研究[D]. 武汉：武汉大学，2 0 1 0.

[18] WANG Mi, ZHU Ying, JIN Shuying, et al.

基于地理国情普查高分辨率卫星遥感数据正射影像制作

林京¹，于雅辉²，宋威²，于灵军²
(1. 广东省国土资源技术中心，广东 广州 510075; 2. 黑龙江第三测绘工程院，黑龙江 哈尔滨 150025)

摘要：随着卫星遥感技术的不断发展，卫星影像成图精度越来越高，利用高分辨率卫星影像获取地理国情信息是地理国情普查工作的重要技术手段。本文以 QuickBird、WorldView 卫星遥感数据处理为例，描述了将 GeowayCIPS 集群式遥感影像处理软件和 Inpho 软件相结合，进行正射影像图制作中纠正、融合、匀光匀色等技术流程和工作方法。此方法可提高影像整体质量，有效地减少影像调色工作，从而提高影像生产效率。

关键词：卫星影像；地理国情普查；Geoway CIPS 集群；Inpho 软件；数字正射影像图

引言

随着卫星遥感技术的不断进步和发展，卫星影像图的成图精度越来越高。卫星遥感影像与同等分辨率的航空影像相比，具有采集能力强、信息量大、覆盖范围广等特点，因而，在土地利用监测、土地分类、植被覆盖率统计等领域发挥了极大的作用。而高分辨率卫星遥感影像的出现使得大比例尺遥感制图以及大范围监测地表覆盖成为可能，具有广阔的应用前景。

在当前开展的地理国情普查工作中，利用高分辨率卫星遥感影像数据来获取地理国情信息是重要的技术手段之一，QuickBird、WorldView 和资源 3 号等高分辨率卫星影像数据是地理国情使用的主要数据源。由于高分辨率卫星影像获取时相不一致、原始数据源质量有差异，因此，如何快速、高质量地完成地理国情卫星遥感影像制作是首要问题。本文以大量卫星影像处理为例，描述将 Ge-oway CIPS 和 Inpho 两款软件相结合，进行正射影像图制作中纠正、融合、匀光匀色等技术流程和工作方法，充分发挥两款软件的优势，能有效减少后期影像调色工作，提高影像整体质量，从而提高影像生产效率，为地理国情普查正射影像生产提供参考。

1 Inpho 软件和 Geoway CIPS 集群式影像处理系统

1. 1 Inpho 全数字摄影测量系统

Inpho 全数字摄影测量系统是由国际著名摄影测量学者阿克曼教授领导开发的数字摄影测量系统软件，是国际上著名的摄影测量软件之一。包含空三加密、数字地面模型匹配、数字正射影像纠正、影像匀光、匀色以及镶嵌拼接、激光雷达数据处理等系列软件。软件支持各种数字影像，包括扫描框幅式航空像片、数字航空相机和多种卫星传感器的各种影像，对无人机数据也有相应的处理方案。具有影像同名点匹配能力强、平差效果好、精度高、自动化程度高等优点，和其他数字摄影测量软件相比具有独特优势。

1. 2 Geoway CIPS 集群式影像处理系统

Geoway CIPS 集群式影像处理系统是吉威公司开发的一款影像处理软件，系统构建在网格计算环境下，将网络通信资源、计算资源、存储资源及人力等资源进行整合，适合大规模遥感影像快速、批量处理的一整套软硬件产品集成系统。系统能够接收和处理包括无人机、三线阵相机在内的各种中高分辨率航空、航天遥感影像，快速生成数字正射影像和数字高程模型等相关产品，既适合应急模式下的自动快速影像处理，也适合常规模式下的高精度影像产品制作。系统核心部分是基于高性能集群计算环境的遥感影像自动处理，可实现任务规划、影像匹配、镶嵌及融合、任务调度等环节的自动化处理。

2 资料准备及作业流程

Correctionof ZY G 3 Image Distortion Caused by Satellite Jitter via VirtualSteadyReimagingUsing AttitudeData[J]. ISPRS JournalofPhotogrammetry & RemoteSensing, 2016, 119: 108-123.
[19] 程春泉, 邓喀中, 孙钰珊, 等. 长条带卫星线阵影像区域网平差研究[J]. 测绘学报, 2010, 39(2): 162-168.
[20] ROTTENSTEINER F, WESER T, LEWISA, etal. A StripAdjustmentApproachforPreciseGeoreferencingof ALOSOpticalImagery[J]. IEEETransactionsonGeoscience andRemoteSensing, 2009, 47(12): 4083-4091.
[21] 邵巨良, 王树根, 李德仁. 线阵列卫星传感器定向方法的研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(4): 329-333.
[22] GRODECKIJ, DIALG. BlockAdjustmentofHigh G resolution SatelliteImagesDescribedby RationalPolynomials[J]. PhotogrammetricEngineering & RemoteSensing, 2003, 69(1): 59G68.
[23] 李德仁, 张过, 江万寿, 等. 缺少控制点的 SPOT-5 HRS 影像 RPC 模型区域网平差[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2006, 31(5): 377-381.
[24] 刘军, 张永生, 王冬红. 基于 RPC 模型的高分辨率卫星影像精确定位[J]. 测绘学报, 2006, 35(1): 30-34. DOI: 10.3321/ji.ssn: 10001-1595. 2006. 01. 007.
[25] 王任享. 卫星摄影三线阵 CCD 影像的 EFP 法空中三角测量(二)[J]. 测绘科学, 2002, 27(1): 1-7, 60.
[26] 张力, 张继贤, 陈向阳, 等. 基于有理多项式模型 RFM 的稀少控制 SPOT-5 卫星影像区域网平差[J]. 测绘学报, 2009, 38(4): 302-310. DOI: 10.3321/j. issn: 1001-1595. 2009. 04. 004.

[27] 皮英冬, 杨博, 李欣. 基于有理多项式模型的 GF 4 卫星区域影像平差处理方法及精度验证[J]. 测绘学报, 2016, 45(12): 1448-1454. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2016. 20160262.
[28] ZHENG Maoteng, ZHANG Yongjun. DEM-aidedBundle AdjustmentwithMultisourceSatelliteImagery:ZY-3 and GF G 1 inLarge Areas[J]. IEEE Geoscienceand Remote SensingLetters, 2016, 13(6): 880-884.
[29] PASSINIR M, BLADESA, JACOBSEN K. Handlingof LargeBlockofHighResolutionSpace Images[J]. Photogrammetric Engineeringand RemoteSensing, 2005, 36(1)

转载自《测绘学报》

(下接第 33 页)

[8] 北京吉威时代软件有限公司. Geoway CIPS 海量遥感影像数据生成培训教程[G]. 北京: 北京吉威时代软件开发有限公司, 2013.

[9] 陈阳, 赵俊三, 陈应跃. 基于 ENVI 的高分辨率遥感影像城市绿地信息提取研究[J]. 测绘工程, 2015, 24(4): 33-36.

2. 1 资料收集与分析

2. 1. 1 原始卫星影像收集

卫星影像资料是地理国情普查数字正射影像生产的主要资料来源，已收集到测区范围内 WorldView — 1、World-View — 2 和 QuickBird 卫星影像数据，获取时间为 2011 ～ 2013 年。收集几种卫星影像的特性和数量见表 1。

2. 1. 2 控制资料及分布情况

测区内收集到的航空影像像片控制点，2000 国

表 1 几种卫星影像特性和数量

卫星影像	地面分辨率	获取时间
QuickBird	全色:0.61 m	2011 ~2013 年
	多光谱:2.44 m	
WorldView — 1	全色:0.5 m	2011 ~2013 年
WorldView — 2	全色:0.5 m	2011 ~2013 年
	多光谱:2.0 m	

家大地坐标系，1985 国家高程基准，经分析，点位分布满足项目生产要求，可作为 QuickBird 和 WorldView 全色卫星影像正射纠正的控制点及 DOM 成果精度检查资料。

2. 1. 3 DEM 资料

DEM 数据是正射影像纠正的基础数据，经转换后形成网格间距为 10 m，CGCS2000 国家大地坐标系，1985 国家高程基准的 DEM 数据。

2. 2 卫星影像 DOM 制作技术路线及作业流程

2. 2. 1 技术路线

以卫星遥感影像、控制点成果、DEM 数据为基本数据，采用 Geoway CIPS 2. 0 对区域内影像进行平差解算，优化影像的原始外解算参数，根据平差后影像的轨道 / R PC 参数和已有数字高程模型数据对 WorldView — 1/2、QuickBird 全色波段影像进行正射纠正，并根据全色正射影像对多光谱影像进行纠正，生成以景为单位的 WorldView — 1/2、QuickBird 数字正射影像成果，影像经融合、增强后利用 Inpho 软件进行镶嵌、匀光匀色、色调处理、镶嵌线编辑、影像裁切等处理，最后制作出整景影像和分幅正射影像。

2. 2. 2 作业流程

利用 Geoway CIPS 和 Inpho 软件对地理国情

DOM 生产处理的流程如图 1 所示。

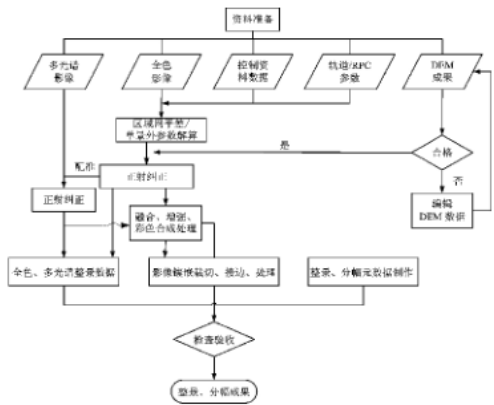


图 1 DOM 生产技术流程图

2. 2. 3 技术指标

- 1) 正射影像平面精度要求：地物点相对于附近野外控制点的点位中误差为平丘地 5 m，山地高山地 7.5m。
- 2) 正射影像接边精度要求：接边误差为平丘地 5 m，山地高山地 7.5m。

3 卫星影像 DOM 制作过程

3. 1 影像拼接

在 Geoway CIPS 2.0 软件中使用“单业务管理 — 应用业务 — 卫片影像拼接”功能，设置相应参数，将卫星影像分区存放，软件根据文件夹批量自动搜索 TIL 文件进行影像拼接。

3. 2 整景数字正射影像纠正

整景数字正射影像纠正主要采用 Geoway CIPS 2. 0 摄影测量软件进行生产，利用区域网平差的方式，采用 RPC 模型进行外参数解算，利用控制点成果、DEM 成果数据和解算后的 RPC 参数对全色影像和多光谱影像进行纠正，最终得到整景全色和多光谱数字正射影像数据。

3. 2. 1 创建工程及加载数据

- 1) 将影像原始的 RPB 文件转换成软件能够支持的 R PC 文件，在区域网平差界面“工具箱—RPC 标准化”，可以批量选择 RPB 文件进行转换。
- 2) 创建工程时选择传感器类型，区域网平差模

型为“有理多项式模型 + 像方二维仿射变换”，设置投影参数等，加载已有的 DEM 成果。初次加载影像数据时，会自动生成影像金字塔文件，如果影像所在目录已有金字塔文件软件则直接加载影像数据。

3. 2. 2 初始点位规划

- 1) 连接点点位布设。利用软件分布图定位功能，初步确定布点位置，在影像窗口中确认合适的布点位置，选择“采集连接点”工具在影像上刺点，全部完成后保存刺点成果。

- 2) 控制点布设。在软件中选择“导入控制点文件”，根据分区显示的预测点分布情况确认需刺点位，确认后选择“设为控制点”，该点类型由“预测点”转换为“控制点”。

3. 2. 3 区域网平差

采用 Geoway CIPS 2.0 集群式影像处理软件，利用区域网平差的方式计算影像的外参数。根据测区影像景数划分加密分区，加密时控制点尽量分布均匀，相邻加密分区应分布不少于 3 个的公共控制点，公共控制点可进行接边检查。需要注意的是控制点尽量选择在较少的重叠位置进行刺点，且保证点位精度在 1 个像素以内，避免人为刺点误差对周边影像产生影响。

在软件中选择“平差解算 — 区域网平差”，运行平差解算进程，根据平差报告查找需要修改和调整的点，可以对匹配点进行编辑，调整后重新平差解算，直到所有点满足生产精度要求。

3. 2. 4 像控点匹配

进入像控点匹配界面，选择输入数据分别加载“地形数据”和“融合模型”，选择匹配点的分布方式，执行像控点匹配后生成的文件保存在相应目录中。

3. 2. 5 多光谱影像区域网平差

根据全色影像平差步骤，开始进行多光谱影像的平差解算，解算后生成每景数据的 result 文件，里面记录像控点的像方误差和物方误差，误差较大的点进行删除，重复的进行平差，直至像方误差在 1 个像素内。平差结束后，在影像文件夹中生成 Imp 文件记录多光谱影像数据的 RPC 改正数，在影像正射纠正时可利用原始影像、原始 RPC 和 Imp 文件进行。

3. 2. 6 全色影像及多光谱影像正射纠正

利用 DEM 成果数据和外参解算后的 RPC 参数对全色影像采用双线性插值的重采样方式进行纠正。纠

正过程中不得对影像的灰度和反差进行拉伸，不改变像素位数，纠正后的正射影像上不应有拉伸和扭曲现象，有效数据范围内没有漏洞区。

多光谱影像纠正主要是采用 R PC 模型进行外参数解算，利用控制点成果、DEM 成果数据和解算后 R PC 参数对影像进行纠正。当个别景影像由于侧视角过大等原因造成纠正后不能满足要求时，可采用多光谱影像与全色影像配准纠正的方式来进行。其方式是以纠正好的全色影像为控制基础，利用从影像到影像的纠正技术对多光谱影像进行配准纠正，纠正模型的选取和对应的全色波段一样，配准纠正时控制点一般一景影像最低需要 15 个，且均匀分布在整景范围内，同名点量测要求精确到子像素精度。为了保证影像融合效果，配准纠正控制点纠正残差的中误差原则上不超过 1 个多光谱影像像素，纠正后多光谱影像和全色波段影像应套合较好。

3. 2. 7 影像融合

在 Geoway CIPS 2.0 数据管理中选择“融合模型”，利用影像融合模块，构建影像配对规划，加载全色影像和多光谱影像数据，对全色和多光谱影像的分辨率、目标投影进行设置，在目录下生成记录影像路径、类型、定向信息、目标投影等信息的 mdl 文件，同时需要加载 DEM 数据，选择 Pansharp 融合方法，对全色和对应的多光谱影像进行融合，得到融合后的影像数据。

3. 2. 8 影像降位及波段提取

利用 Geoway CIPS 2.0 中的降位模块，将融合后影像由 16 位转换为 8 位；利用波段提取模块，将降位后影像提取为 RGB 3 个波段真彩色影像数据；利用 ERDAS 9.1 遥感影像处理软件，根据原始资料的情况不同，采用不同的处理方法，对真彩色影像数据进行增强处理。

3. 3 影像匀光匀色及镶嵌裁切

由于卫星影像时相不同，影像色调差别大，在卫星影像 DOM 生产过程中采用 Geoway CIPS 软件进行区域网平差、正射纠正和影像融合，采用 Inpho 全数字摄影测量系统进行影像镶嵌和匀光匀色处理。

3. 3. 1 影像匀光匀色处理

Inpho 软件的 OrthoVista 模块是专业的镶嵌软件，它利用先进的影像处理技术，通过调整毗邻图像

间的色度和亮度来实现大面积的颜色平衡，最终大量的正射影像被结合成一个无缝的、颜色平衡的且带有坐标的完美的影像镶嵌图，能自动地补偿源于成像过程的大幅度的色彩变化。

1) 影像整体色彩调整

生产过程中，选取融合色彩较好的 1 景 Wordview 影像作为参考，使用 OrthoVista 模块中的 Radiomatrix 功能，对其他景影像进行整体色彩调整处理。

2) 影像匀光拼接处理

经过影像整体色彩调整后，将处理过的卫星影像导入 OrthoVista 匀光工程，设置背景检查参数为 1 ～ 254，不选取 0 和 255 是为了避免黑色背景参与匀光运算，从而造成影像偏色，影响匀光拼接的效果。

基于卫星影像自身色彩的特点，在匀光时，对调整参数进行以下设置：单景影像选取 Intensity Dodging 进行调整；整体影像选取 Global Tilting Adjustment 进行调整；拼接选取 Adaptive Feathering 进行调整。

3) 少量人工编辑

经过 Inpho 软件的整体匀光、匀色后对原始卫星影像亮度差别大，存在较大偏色的地物有了很好的改正，但影像局部还存在色彩过渡不自然、部分地物匀色后失真的现象，生产中采用人工编辑的方法进行改正。

3. 3. 2 影像镶嵌裁切

Inpho 软件在卫星影像镶嵌拼接时自动生成镶嵌线，基于地物生成的镶嵌线已经尽可能地绕开建筑物，极大地减少人工编辑量，在人工编辑镶嵌线时，编辑效果可实时显示，方便核对和修改。地理国情图幅要求 1：25 000 比例尺图幅范围，按 1：50 000 比例尺图号 + ABCD 的方式进行命名和分幅。

3 结束语

Geoway CIPS 在多景卫星影像区域网平差、正射纠正、影像融合环节采用多节点、多任务处理，自

动化程度高，极大地提高了工作效率，但存在镶嵌线不能很好地绕过建筑物、林地以及水域，当镶嵌拓扑规划不好时容易产生影像漏洞等现象，整体匀光、匀色效果完全依赖模板质量，匀光、匀色效果稍弱。Inpho 软件有效地弥补了 GeowayCIPS 软件的镶嵌线和匀光、匀色的弱点。

在实际生产中，按 1：50 000 图幅范围进行匀光、匀色处理，同样采用 Geoway CIPS 进行区域网平差，在平差后使用传统 PhotoShop 人工编辑的方法进行匀光拼接所需时间在 10 h 左右，使用 Inpho 的 OrthoVista 自动匀光拼接，后期使用 PhotoShop 人工修改的方法所需时间在 2 h 左右，充分发挥两款软件的优势，不仅匀光效果好，而且，大大节省了匀光在影像生产过程中的时间，极大地提高了影像的生产效率。

参考文献：

[1] 王安，陈容，高钊，等．面向对象的 ADS80 遥感影像分类在地理国情监测中的应用研究[J]．测绘与空间地理信息，2015，38(9)：69 — 71.

[2] 王荣宝，孙娜．像素工厂 DOM 制作的精度研究[J]．测绘与空间地理信息，2015，38(11)：170 — 172，182.

[3] 屈颖，李若，田超，等．遥感影像的三星工业园区建设进展及区域功能置换监测研究[J]．测绘与空间地理信息，2015，38(12)：87 — 92.

[4] 何忠焕，左志进，刘冬枝．天绘一号卫星遥感影像的处理方法[J]．地理空间信息，2012(6)：11 — 22.

[5] 甘甜，李金平，李小强，等．面向对象的高分辨率遥感影像建筑物震害信息提取[J]．测绘工程，2015，24 (4) :11 — 15.

[6] 黄谊珍．基于资源三号卫星影像的 1：10 000 DOM 制作流程及精度评估研究[J]．测绘工程，2014，23 (5)：31 — 33.

[7] 湛一夫．高分辨率遥感影像几何纠正方法[J]．地理空间信息，2012(5)：7 — 19.

(上转第 29 页)

构建面向个性化服务的特大城市云空间数据中心

陶迎春^{1、2、3}，刘光^{2、3}，庞京辉^{2、3}，吴爱华^{2、3}，赵凌美²，
(1. 北京大学地球与空间科学学院，北京 100871；2. 北京市测绘设计研究院，北京 100038；
3. 城市空间信息工程北京重点实验室，北京 100038)

摘要：特大城市测绘地理信息数据具有数据海量、增长快速、多源异构、频繁使用的特点。随着大数据和 Web2. 0 时代的到来，传统的空间数据存储管理与共享服务模式存在成果缺乏整合和挖掘、空间信息服务被动且无差别性等缺点，难以满足用户不断提高的空间数据内容、服务响应速度和服务质量的要求，也难以适应因人而异的个性化空间信息服务的需求。本文对个性化服务和云空间数据中心构建的关键技术进行了研究，提出了个性化空间数据情境应用模式，以及一种基于 Web 客户端的个人异构空间数据在线集成方法，基于 NoSQL 实现了个人空间数据与传统空间数据服务集成，并以北京市为例基于私有云构建了安全可靠、高效运行、可扩展、用户参与度高、提供个性化服务的特大城市云空间数据中心。

关键词：个性化服务；空间数据情景式应用；异构空间数据在线集成；云空间数据中心

在当前大数据和 Web2. 0 时代背景下，大量数据快速产生，用户对数据服务内容的丰富程度、服务响应的速度和质量要求空前高涨^[1]，对数据服务的个性化需求也层出不穷。以北京市为代表的特大城市测绘地理信息历史跨度长、种类多、数据量大且在不断迅速积累中，具有数据海量、增长快速、多源异构、频繁使用的特点。然而，以往测绘部门所产生的大量空间数据成果往往堆积在硬盘中，数据资源分散、缺乏整合和挖掘，空间信息服务存在同一性、被动性和无差别性等缺点^[2]，难以适应因人而异的个性化空间信息服务需求，空间数据存储管理与共享服务模式亟待升级。

云技术是当前数据中心建设的大势所趋^[3]。目前国际国内 IT 巨头如谷歌、微软、百度等，均基于公有云建立了自身的数据中心，国内也有部分省市（如江苏省^[4]、上海市^[5]等）将政务空间数据置于政务云上。但是，受信息安全政策的限制，特大城市长期积累的海量、精准的空间数据的存储与应用不能采用以上方式。与此同时，国内外对空间信息服务的架构、主动推送技术和相关标准研究较多^[6-7]，但对服务的个性化问题研究相对匮乏。本文提出基于私有云构建安全可靠、高效运行、可扩展的特大城市云空间数据中心，拓展 Web2. 0 下空间数据的情景应用模式，使

得用户参与信息资源管理，产生个人数据内容，进行服务中的互动，为个性化信息服务发展趋势下的特大城市测绘地理信息管理与服务提升提供解决思路。

1、个性化服务构建关键技术

1.1. 个性化空间数据情景应用模式

与流程固定的传统业务需求不同（见表 1），个性化的业务需求多样且复杂，具有不确定性和即时性，很难在信息系统开发时期明确定义^[8]。个性化空间数据情景应用模式，即将来自个人客户端的数据和服务器端的多种空间数据服务组合成一个集成 Web 应用，从组合中获取新的价值，达到“1+1>2”的效果。本文利用 HTML5 的拖放特性，基于 Mashup 技术构建了情境应用程序，实现了个人客户端数据与服务器端服务的简单、快速融合。用户将个人数据拖放至指定网页上，并选择所需的数据与功能服务，即可满足个性化的踏勘选点、路线规划、数据申请、数据下载、成果目视检查等多种测绘日常工作的情景应用需求（见表 2）。

1.2. 基于 NoSQL 的个人异构空间数据服务集成与在线协同

异构空间数据集成与共享一直是测绘地理信息研究的重要领域。个人空间数据内容各异，无法统一规

表 2 DEM 精度 (photocan)

检查点号	X	Y	H(RTK)	H(DEM)	误差/m	中误差/m
J1	4 994 422.62	557 637.707	135.489	137.639 190.9	-2.150 19	
J2	4 993 823.121	564 658.871	125.873	134.500 681.6	-8.627 68	
J3	4 993 823.121	573 120.274	123.437	130.039 326.2	-6.602 33	
J4	4 988 487.576	573 120.274	125.328	134.055 932.8	-8.727 93	
J5	4 988 667.425	564 718.881	142.324	142.269 077.7	0.054 922	
J6	4 989 147.025	557 877.746	127.542	128.158 065.4	-0.616 07	6.227 859
J7	4 982 492.581	557 757.726	131.453	123.812 060.7	7.640 939	
J8	4 982 432.631	565 198.961	163.752	152.857 316.8	10.894 68	
J9	4 982 432.631	572 400.155	119.523	116.700 054.1	2.822 946	
J10	4 977 097.086	572 400.155	137.642	131.297 515.5	6.344 484	
J11	4 973 485.491	565 015.471	124.642	123.179 569.7	1.462 43	

表 1 个性化应用模式与传统固定业务模式区别		
类别	个性化应用模式	固定业务模式
功能需求	非预期使用	由有限数量的用户/专家预先定义
对用户的要求	不要求用户有较高的技能	需要用户具有专业知识
对用户数据的要求	宽松的数据格式与规格要求	严格的数据格式与规格要求
功能实现	最终用户主导由用户根据当前需求组合解决问题	系统开发人员主导功能一旦实现,改变较困难

表 2 个性化测绘日常生产应用情境示例			
个性化测绘场景	用户	个人客户端数据	服务器端服务
踏勘选点	某测绘工程主持人	某工程范围	正射影像服务
路线规划	某资料员	某工程范围	在线编辑服务
资料申请	某资料员	某工程范围	在线分发服务
资料下载	某资料员	某工程范围	在线分发服务
成果检验	某质检员	某拨地成果	拨地数据服务
地形图服务	某质检员	某拨地成果	地形图服务
城市变化分析	某规划人员	某分析范围	不同年代正射影像服务

格和数量,具有非结构性、不可预见性。传统的关系型数据库虽然在存储结构化数据时具有稳定性好、效率高等特点,但是无法满足非关系数据类型的存取需求。NoSQL 数据库具有高扩展和高可用性,具有高并发处理能力,适用于非关系型的个人空间数据存取^[9]。本文将 NoSQL 数据库与关系型数据库结合,在存储格式固定的基础地理信息数据时使用关系型数据库,在存储无固定规则的个人空间数据时使用 NoSQL 数据库,并在应用时集成服务,可实现优势互补。图 1 展示了基于 MongoDB 的个人数据空间服务与传统空间数据服务的集成方法。

城市测绘领域常见的异构数据格式包括 AutoCAD 数据(如 DWG/DXF 格式的地形图)、ArcGIS 数据(如 Shape 格式的 GIS 数据)、图片数据(如 TIFF 格式的影像数据)、Excel 表格数据(如 CSV 格式的统计数据)等。异构空间数据集成方法主要有空间数据交换、数据互操作、直接操作、基于 Web 集成等^[10]。本文提

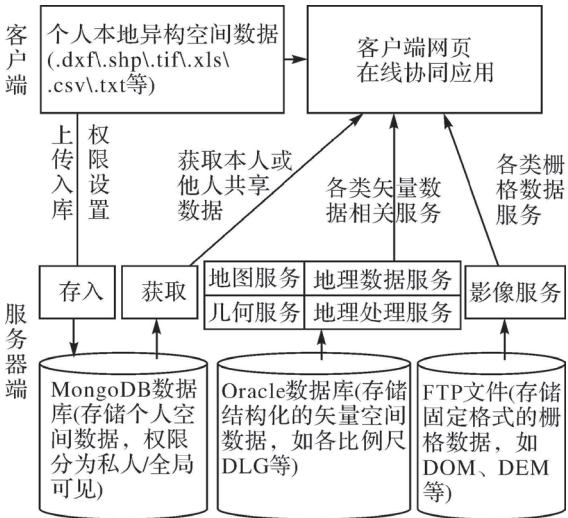


图 1 基于 NoSQL 的个人空间数据服务集成方法

出了一种基于 Web 客户端的个人异构空间数据松耦合在线集成方法(如图 2 所示)。该方法支持城市测绘常见的 CAD DXF、Shape、GeoTIFF 等格式,对数据的内容规格几乎没有限制,且在客户端网页上显示的个人 CAD 数据能保持原始符号样式,Shape 数据能查询属性。同时,通过 HTML5 的拖放特性提升了交互体验,本地及服务器 NoSQL 数据库中存储的个人文件可通过用户在网页上的简单拖放操作,实现在线显示、查询,并与服务器发布的其他数据服务叠加,从而支撑了多类异构数据的在线叠加分析和协同应用。

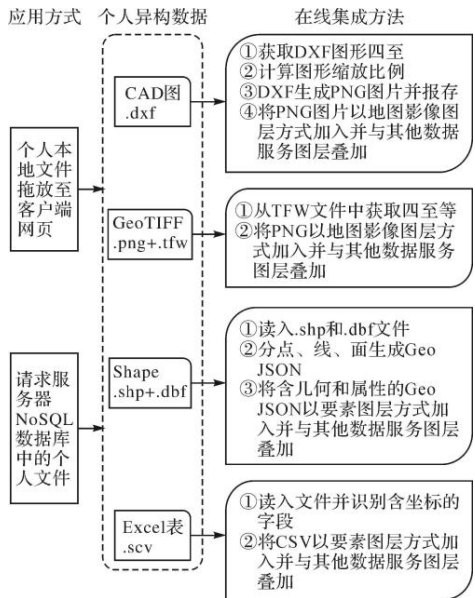


图 2 个人异构空间数据在线集成方法

2、云空间数据中心构建关键技术

2.1. 数据资源管理组装模型

特大城市拥有大量、多年代、多尺度、多类型的测绘地理信息数据,但以往数据都存放在各自的存储设备中,相互独立、没有建立关联关系,用户难以全面掌握数据情况,不利于根据自身情况选取合适数据并进行多维度、多角度的分析。本文在构建面向个性化服务的云空间数据中心时,在对已有数据和增量数据全面调研的基础上,从核心应用目标出发,采用层级分类与时间序列相结合的方法,将庞杂的数据以清晰、便于用户理解的方式进行分类组装,形成了数据资源目录和元数据;同时,对数据资源进行体系化管理,针对每一项数据资源,规划设计数据的采集、整合加工、综合应用、共享发布、信息服务与更新推送等生产、服务与更新全流程,从而形成一套完整的体系,确保数据源源不断地发挥最大价值。

2.2. 基于虚拟化平台的私有云空间数据中心

云计算具有按需服务、资源共享、快速弹性等特点,适合于个性化服务。云计算的部署模型包括私有云、公有云、混合云等,其中私有云的安全性最高^[11]。本文采用 VMWare vCloud 搭建基于云架构的数据中心,将私有云平台用于特大城市海量异构的空间数据管理和服务中,形成了生产用私有云资源池、容灾用私有云资源池,业务连续性可保证恢复时间(RTO)为 4 h,恢复点(RPO)为 8 h。主要技术特点有:

- (1) 资源池化。将多个独立的物理资源(CPU、内存)池化为统一的资源池,可依据需求动态分配资源,有效减少“一对一”硬件配置带来的资源浪费。
- (2) 高效管理。通过虚拟化管理平台实现了灵活、高效、高可靠、可轻松扩展的管理,系统搭建、系统迁移、系统恢复时间成倍缩减。
- (3) 高速存取。采用 LanFree 技术,将应用数据流与备份数据流分开,使业务系统与备份系统的数据流互不影响,提高客户端访问数据的存取速度。

3、面向个性化服务的云空间数据中心构建

3.1. 总体架构

作为特大城市的代表,北京市积累了 1934 年以来地上地下、多源、异构、多时态、多尺度、海量的

空间数据,数据使用频繁,用户个性化需求层出不穷。本文以北京市为例构建了面向个性化服务的特大城市云空间数据中心,总体架构如图 3 所示。

3.2. 实现效果

基于上述关键技术和总体架构,在北京市地理信息中心建立了云空间数据中心,IT 资源可依据应用需求动态分配,资源利用率提高 50% 以上;系统搭建、迁移、恢复时间由几天缩短为几个小时;数据备份效率提高约 30%。空间数据经梳理规划后,归为 6 大类 41 中类 110 小类,通过资源目录和元数据规范描述,构建了单类资源同步增量更新与多类资源联动更新流程;按照“生产库与服务库分开、核心数据与个性化数据分开”的设计思路建立了数据库,并发布了数据查看、查询、处理、分发与更新等服务;开发完成了集数据管理、调度、处理于一身的集成管理系统,实现了全面、多角度、灵活、个性化的数据展示与多种、多样的分析的数据资源集成展示系统,以支撑个性化测绘生产数据产品分发服务系统,以及对社会大众提供基础地理信息产品查询服务的基础地理信息资源门户。部分系统界面如图 4 所示。

目前,该云空间数据中心已经成为北京市重要的基础地理信息管理服务平台,并支撑着基础测绘、工程测量、GIS 数据加工等测绘地理信息的日常生产工作。

4、结束语

随着 Web2.0 的应用拓展,用户参与信息资源管理、参与产生个性化内容、进行服务中的互动是个性化信息服务的发展趋势。本文提出了针对测绘部门个

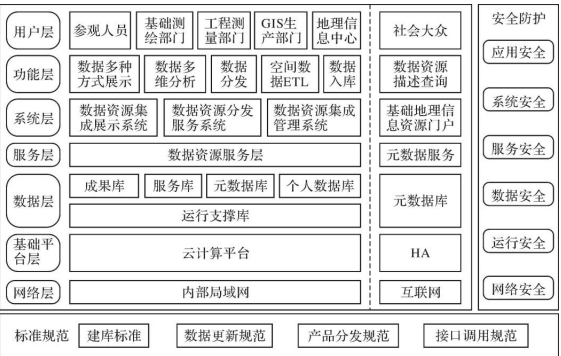


图 3 总体技术架构



图 4 部分系统界面

性化业务需求的空数据情境应用模式，通过 NoSQL 对用户参与产生的个人空间数据进行了管理，基于一种 Web 客户端集成方法实现了不限规格的多种异构个人空间数据即时、在线叠加分析和协同应用，基于 Mashup 技术将各类数据服务融合为特定情境下的 Web 应用，创新了个性化空间数据服务的应用模式和技术方法。

传统常规数据中心服务器资源空闲率高，管理和运行效率较低，可扩展性较差，本文以北京市为例，在将海量庞杂的空间数据资源按照分类清晰、便于用户理解的方式规划组装的基础上，采用虚拟化技术，在国内城市测绘领域率先建成高效运行、可扩展、面向个性化服务的云空间数据中心。目前，该数据中心已为城市规划、城市建设和管理提供了大量数据服务，其架构和关键技术也形成了一套解决方案，并应用于国家、市政府委办局、区县府委办局等多个单位的地理信息系统中，通过大量实践验证了该技术的可行性和适用性。

参考文献

[1] 曾元武，陈泽鹏，方晓乐，等．大数据时代下地理信息公共平台建设展望 [J]．测绘通报，2015(11)：84 - 87.

[2] 牟乃夏，刘文宝，张灵先，等．空间信息服务的个性化问题 [J]．测绘科学，2011，36

(3)：104 - 106.

[3] 李井杰，崔洪波．浅谈地理信息数据中心的规划建设 [J]．测绘与空间地理信息，2013，36(6)：81 - 82.

[4] 李明巨，吴勤书，刘昱君．一种基于云 GIS 技术的地理信息服务新方式 [J]．测绘通报，2015(2)：92 - 94.

[5] 张桂芬．基于云计算的城市地理信息公共服务平台设计与实现 [J]．城市勘测，2012(4)：12 - 15.

[6]GAO M, LIU K, WU Z. Personalization in Web Computing and Informatics:Theories, Techniques, Applications, and Future Research[J]. Information Systems Frontiers, 2010, 12(5)：607 - 629. DOI:10.1007/s10796-009-9199-3

[7] 刘琼．面向地理信息主动服务的用户兴趣模型的研究 [D]．泰安：山东农业大学, 2014. <http://d.wanfangdata.com.cn/Thesis/Y2588252>

[8] 李春，朱珍民，叶剑，等．个性化服务研究综述 [J]．计算机应用研究，2009(11)：4001 - 4005.

[9] 陈崇成，林剑峰，吴小竹，等．基于 NoSQL 的海量空间数据云存储与服务方法 [J]．地球信息科学学报，2013，15(2)：166 - 174.

[10] 周顺平，魏利萍，万波，等．多源异构空间数据集成的研究 [J]．测绘通报，2008(5)：25 - 27.

[11]ADINARAYAN G. Monitoring and Capacity Planning of Private Clouds:The Challenges and the Solution[C]//IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets. [S. l.]: IEEE, 2012.

基于遥感技术的贵州省 PM₁₀ 浓度年际变化监测与分析

尹红¹，刘欢^{2,3}，陈静^{2,3}

(1. 贵州省环境保护厅电子政务中心，贵阳，550001；2. 中科宇图科技股份有限公司，北京，100101；3. 中科宇图（北京）资源环境科学研究所有限公司，北京，100101）

摘要：文章选取 MODIS 数据，利用暗像元算法反演得到气溶胶光学厚度，利用 BP 神经网络算法通过网络训练和验证，得出 PM₁₀ 浓度遥感监测模型。利用该模型反演得到贵州省 2014 年 3、7、10、12 四个典型月份的 PM₁₀ 浓度值。结果表明模型训练和验证 PM₁₀ 浓度模拟值与实测值相关性系数（r）分别为 0.76 和 0.62，利用此模型监测贵州省 PM₁₀ 近地面浓度是可行的；贵州省夏、秋季 PM₁₀ 浓度较低，春、冬季 PM₁₀ 浓度较高；贵州省的 PM₁₀ 浓度整体较低，空气质量较好。

关键词：BP 神经网络；遥感；气溶胶光学厚度；PM₁₀

1 引言

随着城市的发展进程，对能源的消耗不断的增加，随之而来的是工业废气对大气环境的污染。近年来，在京津冀、长三角地区甚至出现连日的灰霾天气，给人们的生活带来了不便，PM₁₀ 浓度的升高严重威胁了人们的身体健康。如今，空气质量问题已成为不容忽视的问题，广泛受到人们的关注。

随着环境空气质量问题的突出，国家以及环保部等相关部门，相继颁布了有关政策，以期能够控制大气污染的状况，改善空气质量。如在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》中指出要以突破城市群的大气污染控制的关键技术为主题，综合治理区域环境；《国家环境保护“十二五”科技发展规划》也提到要针对相关的污染物，研发评价体系及评价方法，得到可靠的大气污染控制技术，可见国家对环境质量的重视程度。

传统的监测手段是运用物理、化学的方法通过布点、采样来进行监测。由于布点采样的特殊性，往往仅能反映该点周围的空气质量状况，不能够反映大范围范围的空气状况；此外，许多区域由于地理特征、

城市分布等特点，造成布点的不均，往往不能够覆盖全部区域，且采样监测需要投入大量的人力、物力，为空气质量监测造成困难。遥感技术具有监测范围广、快速、动态监测的特点，能够监测大面积的区域范围，有效改善地面监测的困难。卫星遥感技术快速发展，有利于提高环境空气质量监测的效率，奠定了大气颗粒物（PM）多源卫星遥感监测的基础，为相关部门的决策提供支持。因此，许多学者探索利用多源卫星遥感来监测 PM 的技术方法。

研究表明，气溶胶光学厚度（AOD）、风速、风向、温度和相对湿度与 PM 浓度的遥感估算具有很高的相关性^[1]，并且人工神经网络能够克服传统多元线性回归模型的局限性，建立相对复杂的非线性模型，更好的反映 PM 浓度与气象参数的非线性关系^[2]。目前，利用人工神经网络模型估算 PM 浓度已经在国内外得到了广泛的应用，Gupta 等综合考虑时间、纬度、经度、时节、气溶胶光学厚度、风速、相对湿度、大气边界层厚度和温度等八个因素利用 BP 神经网络来提高利用遥感技术估算 PM 的精度，结果表明，与双变量回归相比，利用 BP 神经网络模型估算 PM_{2.5} 浓度，

AOD-PM 的相关性从 0.67 提高到了 0.83，因此利用 BP 神经网络来提高利用遥感技术估算 PM 精度非常有效的；吴业荣^[3]等基于相对湿度、温度、风速、风向、相对湿度、大气边界层高度和气溶胶光学厚度等数据利用 BP 神经网络模型来估算中国东部地区 PM 浓度，在郑州取得了很好的效果，PM 观测值和估算值相关性系数（r）达 0.74。因此，本文利用 BP 神经网络开展贵州省的全省区域的大气 PM₁₀ 遥感监测算法的研究，得到贵州省 PM₁₀ 浓度估算模型，再利用得到的模型反演贵州省春夏秋冬四个典型季节 PM₁₀ 浓度，进而实现对整个贵州省 PM₁₀ 状况的分析。

2 研究区概况

贵州省位于中国的西南部，云贵高原的东部，地理位置为 24.62° -29.22° N, 103.60° -109.58° E，平均海拔 1100 米左右。省内高原山地较多，以山地和丘陵为主，河流众多，水系发达，人均耕地面积少。该省属亚热带高原季风气候，气候适宜，气温变化小，相对湿度较大。省内大部分地区年平均气温在 15° 左右，月平均气温的最高值出现在 7 月，最低值出现在 1 月，不同季节之间湿度变化较小，但由于地势海拔差异，使得在垂直方向上气候差异较大，立体气候明显。省内云量较大，大部分地区在 8 成左右，4-9 月降水量较多。

贵州省包含 4 个地级市主要为贵阳市、六盘水市、遵义市和安顺市、3 个自治州主要为黔东南、黔西南、黔南和 2 个地区主要为毕节、铜仁。近年来，随着空气质量的恶化，贵州省加强了国控点位空气自动监测子站的建设，对空气质量监测指标进行了更新，每日发布空气质量监测状况，提高了环境实时数据对公众共享程度。贵州省由于海拔较高，空气质量状况总体较好，但是由于城市区域工业污染排放及汽车尾气的排放，造成部分地区的

周期短等优点，且数据免费获取方便，为 PM₁₀ 的遥感监测解决了数据源的问题。目前 NASA 官网上提供的 MODIS 多达 44 种产品，涉及原始数据、地表反射率、地表温度、云掩膜等数据和大气、海洋以及陆地产品。因此，本研究选取 MOD02HKM 数据和 MOD35_L2 数据来

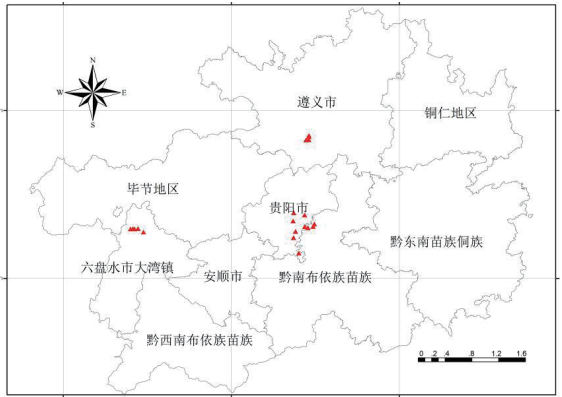


图 1 贵州省 PM₁₀ 监测站点分布图

反演气溶胶光学厚度（AOD）和近地面 PM₁₀ 浓度。

PM₁₀ 地面实测数据：本研究选取 2014 年 7 月份 10:00 和 11:00 的贵州省马鞍山、市环保站等 17 个监测站（监测站点分布如图 1 所示）的地面实测数据的平均值（对应 MODIS Terra 10:30 过境）作为构建 BP 神经网络模型的数据源。该数据由贵州省监测站提供。

气象数据：研究表明夏季阶段影响 PM₁₀ 浓度变化的因素主要是温度、湿度、风速和风向，因此本研究选取与地面实测数据一一匹配的大气边界层高度

$$\rho_{TOA}(\mu_s, \mu_v, \Phi) = \rho_0(\mu_s, \mu_v, \Phi) + \frac{\rho_s(\mu_s, \mu_v, \Phi)T(\mu_s)T(\mu_v)}{[1 - \rho_s(\mu_s, \mu_v, \Phi)S]}$$

（PBLH）、相对湿度（RH）、风速（WS）、风向（WD）、温度（TEM）5 种气象数据。该数据由 NASA 发布的 1° × 1° NCEP 再分析资料获取。

3.2 反演原理及算法

3.2.1 气溶胶光学厚度遥感监测模型构建

大气顶部的表现反射率的表达式可以写做：

其中， $\rho_{TOA}(\mu_s, \mu_v, \Phi)$ 代表获取于卫星遥感图像上的表现反射率， $\rho_s(\mu_s, \mu_v, \Phi)$ 代表地表反射率，也是气溶胶光学厚度反演中的地表噪声。

$\rho_0(\mu_s, \mu_v, \Phi)$ 、 $T(\mu_s)T(\mu_v)$ 、 S 分别是大气程辐射、大气透过率、半球反射率。这三个参数反应了大气状况对表现反射率的影响。给定确定的大气模式、气溶胶模式和观测几何，利用 6S 模型可以获得气溶胶光学厚度 AOD 和 $\rho_0(\mu_s, \mu_v, \Phi)$ 、 $T(\mu_s)T(\mu_v)$ 、 S 参数的对应关系，据此建立查找表，可通过查找表获取气溶胶光学厚度。理论上，若已知地面地表反射率，并能提供有关的气溶胶模式和大气模式，通过求解表现反射率方程，检索查找表就可以反演得到气溶胶光学厚度 τ_a 。因此，对气溶胶光学厚度的反演，就是要解决地气解耦和气溶胶模式^[4]。

暗像元法也可以称作浓密植被指数算法，它是依据可见光波段在陆地上稠密的植被区域反射率比较低建立模型，从而反演得到气溶胶光学厚度。基于 MODIS 数据的植被暗像元算法的思想是：MODIS 数据的 2.1 μm 通道观测的表现反射率几乎不受气溶胶的影响^[5]，该值接近地表反射率；而且利用 MODIS 的蓝光和红光波段反射率在植被浓密区域较低和与 2.1 μm 通道地表反射率存在线性关系的特点^[6]，能够进行气溶胶光学厚度的遥感反演。

3.2.2 基于 BP 神经网络模型近地面颗粒物浓度遥感监测模型构建

3.2.2.1 BP 神经网络算法

BP 神经网络算法^[7]基本原理：建立多层前馈网络，并进行网络初始化，然后利用输入层与下一层网络之间的权重和偏置，将输入层中的输入参数作一个线性变换输入到与其相邻网络层各个结点中，并代入此层结点中传递函数接着将函数输出结果作为下一层的输入参数继续向前运算。当函数输出结果从输出层输出时，将网络输出值与相关目标值进行比较，得到它们之间的误差值，然后将此误差值按照一定的数学规则向后传播，并据此调整各层结点之间的连接权重，重新从输入层开始向前运算，使得新的输出值与其相

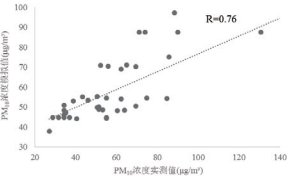


图 3 模型训练 PM₁₀ 浓度实测值与模拟值相关性关

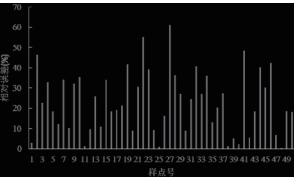


图 4 模型训练 PM₁₀ 浓度实测值与模拟值相对误差

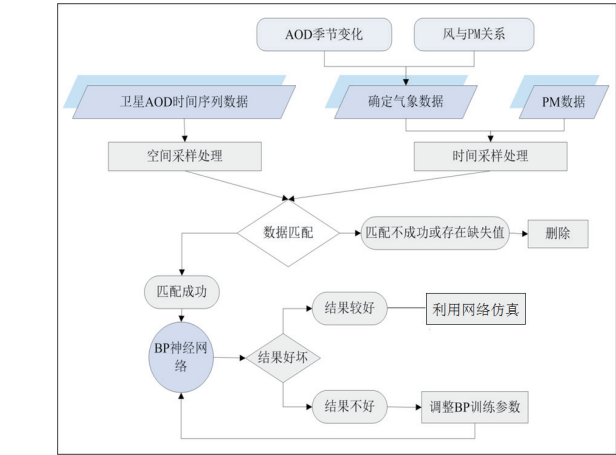


图 2 利用 AOD 估算 PM₁₀ 浓度总体技术流程图

关目标值之间的误差变小，不断重复上述过程，当误差值等于或小于预期值时，迭代运算停止，BP 网络训练完成。然后保存训练好的 BP 网络，用于仿真测试中。具体流程如图 2：

3.2.2.2 BP 神经网络算法精度验证

利用 BP 神经网络模型训练结果绘制 PM₁₀ 浓度模拟值与实测值相关性关系图和相对误差柱状图（图 3，图 4）。从图 3 可以看出，PM₁₀ 模拟值与实测值相关性系数（r）为 0.76；从图 4 可以看出，除了样点 2、19、22、27、32、41、44、46 相对误差大于 40% 以外，其余样点误差均小于 40%，并且样点 1、11、12、20、25、30、38、39、40、42、47、48 的相对误差都小于 10%，平均相对误差为 23%。

利用模型验证结果绘制 PM₁₀ 浓度模拟值与实测值相关性关系图和相对误差柱状图（图 5，图 6）。从图 5 可以看出，PM₁₀ 模拟值与实测值相关性系数（r）为 0.62；从图 6 可以看出，除了样点 20、23、24、25 相对误差大于 40% 以外，其余样点误差均小于 40%，并且样点 4、7 的相对误差都小于 10%，平均相

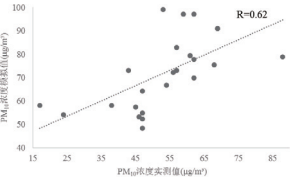


图 5 模型验证 PM₁₀ 浓度实测值与模拟值相关性关系

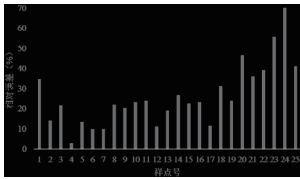


图 6 模型验证 PM₁₀ 浓度实测值与模拟值相对误差

对误差为 26%。

综合模型训练精度和模型验证精度可以看出，利用该模型得到 PM₁₀ 浓度模拟值与实测值相关性较高，平均相对误差较小，因此，利用该模型监测贵州省 PM₁₀ 浓度是可行的。

3.3 贵州省大气颗粒物遥感信息提取流程

在 NASA 网站上下载 2014 年 3、7、10、12 月 MOD02HKM 和 MOD35_L2 数据，分别对 MOD02HKM 数据和 MOD35_L2 数据进行数据的预处理（投影转换、地理校正、镶嵌、裁剪等）分别得到研究区的 MOD02HKM 和云掩膜数据。对研究区的 MOD02HKM 数据采用暗像元法计算研究区的表观反射率，结合研究区的云掩膜数据计算得到研究区内云掩膜后的表观反射率影像。通过日期、气溶胶模式及大气模式、太阳及卫星位置等参数校正 6S 模型，根据查找表来计算生成研究区内

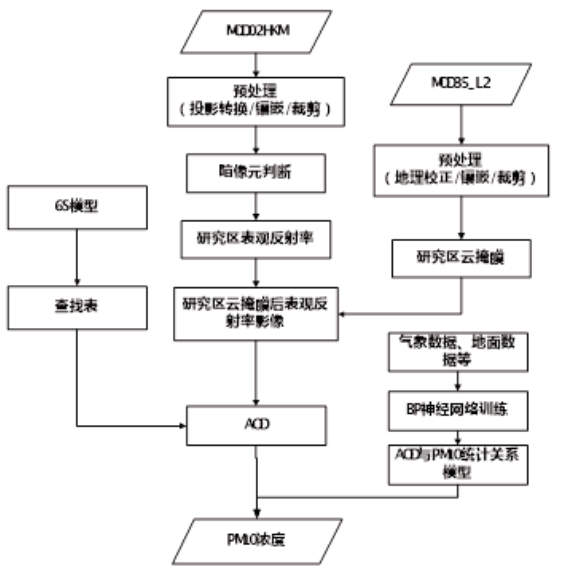


图 7 大气颗粒物遥感监测技术流程

AOD 影像；利用 AOD、气象数据以及地面监测的 PM₁₀ 数据，经过 BP 神经网络训练，建立 AOD 与 PM₁₀ 的统计关系模型，结合反演生成的 AOD 影像计算研究区内的 PM₁₀，即得到贵州省 2014 年 3、7、10、12 这四个月 PM₁₀ 浓度分布。数据处理流程如图 7：

4 结果分析

由于贵州省常年云量较大，因而选取月平均 PM₁₀

浓度分布进行分析，首先根据暗目标算法及 BP 神经网络的方法得到贵州省 2014 年 3、7、10、12 这四个月的日 PM₁₀ 浓度分布状况，再设置日 PM₁₀ 浓度分布中无数据区域值为 nodata，进而对日颗粒物分布求均值，

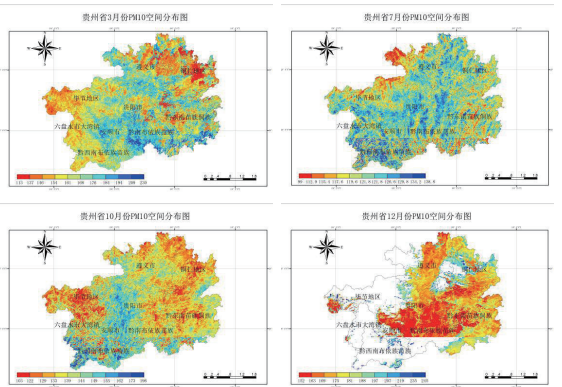


图 8 贵州省 2014 年 3、7、10、12 月平均 PM₁₀ 空间分布图

得到 2014 年 3、7、10、12 这四个月的月平均 PM₁₀ 浓度分布状况，得到的贵州省 2014 年 3、7、10、12 月月平均 PM₁₀ 空间分布（图 8），由于 12 月份贵州省云层较厚，导致去云过度，因此 12 月份部分数据缺失。

图 8 中显示的分别是贵州省 3、7、10、12 月的 PM₁₀ 月平均分布图，对这四个月份的 PM₁₀ 浓度分布进行统计得到，贵州省 3 月份的 PM₁₀ 浓度于 113–230 μg/m³ 之间，7 月 PM₁₀ 浓度分布在 99–139 μg/m³ 之间，10 月 PM₁₀ 浓度大约在 103–196 μg/m³ 之间，12 月 PM₁₀ 浓度大约在 152–245 μg/m³ 之间。贵州省在以上四个月份 PM₁₀ 浓度由高到低的规律为冬春秋夏。如果将 3 和 12 月作为冬月，7 和 10 月作为夏月，则贵州省冬月的空气质量差于夏月。这主要是因为（1）贵州省冬季光照一般较弱，少风，低温，日照时间短，逆温高频率出现，大气对流较弱等因素导致空气中污染物扩散较慢；（2）冬季贵州省进入采暖期，并且贵州省主要靠燃煤取暖，这也是导致贵州冬季 PM₁₀ 浓度较高的主要原因。

3 月份贵阳市、安顺市、黔南布依族苗族自治州 PM₁₀ 浓度较高，铜仁地区和遵义市 PM₁₀ 浓度较低，这主要是因为铜仁地区和遵义市位于贵州省东北部，雨量较大，湿度较大，气候条件适合空气中污染物的

扩散；7 月份除遵义市西北部 PM₁₀ 浓度较低外，全省 PM₁₀ 分布比较均匀；10 月贵阳市、安顺市 PM₁₀ 浓度较高，其余地区浓度相对较低，这主要是因为贵阳市、安顺市汽车尾气排放较严重，导致 PM₁₀ 浓度较高；12 月份由于数据缺失，不能整体反映贵州省 PM₁₀ 分布状况，从有数据部分可以看出，贵阳市、安顺市、黔南布依族苗族自治州 PM₁₀ 浓度相对较低，其余地区相对较高。

通过以上对贵州省 2014 年 3、7、10、12 四个月的月平均 PM₁₀ 浓度分布状况的对比，结合全国其他城市空气的污染状况以及对照环保部发布的环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）中对颗粒物浓度相关指标的规定，发现贵州省的颗粒物浓度较低，在全国省份内，空气质量状况较好。

5 结论

采用 MOD02HKM 数据和 MOD35_L2 数据根据暗像元算法和 BP 神经网络算法反演贵州省 2014 年 3、7、10、12 月日平均 PM₁₀ 浓度分布。由于贵州全年总云量较大，因而选择取 3、7、10、12 月的月平均 PM₁₀ 浓度分布进行分析研究，得到以下结论：

1) 由于贵州省冬季光照一般较弱，少风，低温，日照时间短，逆温高频率出现，大气对流较弱等因素导致空气中污染物扩散较慢和贵州省冬季燃煤取暖的原因使得贵州省 PM₁₀ 浓度冬季高于夏季。

2) 由于铜仁地区和遵义市位于贵州省东北部，雨量较大，湿度较大，气候条件适合空气中污染物的扩散，因此该地区 3 月 PM₁₀ 浓度较低；7 月 PM₁₀ 浓度整体分布较均匀；由于贵阳市、安顺市汽车尾气排放较严重导致 10 月该地区地区 PM₁₀ 浓度较高；12 月贵阳市、安顺市、黔南布依族苗族自治州 PM₁₀ 浓度相对较低，其余地区相对较高。

3) 贵州省颗粒物浓度对比环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）中对颗粒物浓度相关指标的规定，得出贵州省的空气质量状况较好。

通过本文对贵州省的 PM₁₀ 遥感监测研究，发现遥感方法已经成为一种快速的颗粒物监测手段。利用传统方式的地面监测手段，能够满足小范围的 PM₁₀ 的遥感监测，但针对大范围的面状的 PM₁₀ 浓度的反演，遥

感发挥了巨大的作用。将遥感监测的空气指标结合地面监测结果，能够提高遥感监测的精准度，为相关部门的决策提供了支持。目前，无人机航空遥感监测也被引入到颗粒物监测中，将为遥感、无人机监测以及地面监测的相互协同，建立天空地一体化的颗粒物遥感体系提供基础。

参考文献：

[1]Hoff R M, Brook J R, Creen M, et al. Remote sensing of particulate pollution from space: Have we reached the promised land?[J]. Journal of Air & Water Management Association, 2009, 59(10): 1130–1138.

[2] 石灵芝, 邓启红, 路婵, 等. 基于 BP 人工神经网络的大气颗粒物 PM₁₀ 质量浓度预测 [J]. 中南大学学报（自然科学版）, 2012, 43（5）: 1969–1974.

[3] 吴业荣. 基于贝叶斯 BP 网络模型的中国东部遥感 PM 估算 [D]. 北京: 北京师范大学, 2012.

[4] 李莘莘, 陈良富, 陶金花等. 城市与冬季北方亮目标地区气溶胶光学厚度反演 [J]. 中国科学: 地球科学, 2012, 42(8): 1253 –1263.

[5] 王中挺, 厉青, 陈良富, 等. 从 MODIS 数据反演粗细粒子气溶胶 [J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(10): 2809–2813.

[6] 李晓静, 刘玉洁, 邱红, 等. 利用 MODIS 资料反演北京及其周边地区气溶胶光学厚度的方法研究 [J]. 气象学报, 2003, 61(5): 580–591.

[7]Balls GR, Palmer–Brown D, Sanders GE. Investigating microclimatic influences on ozone injury in clover (Trifolium subterraneum) using artificial neural networks[J]. New Phytologist, 1996, 132(2): 271–280.

转载自《环境科学与管理》

浅析卫星遥感技术在湖南省国土资源管理中的应用

赵无忌

(长沙麓山国际实验学校, 湖南 长沙 410006)

摘要: 卫星遥感技术是利用空间卫星对地球、天体观测的综合性技术系统的总称。随着我国空间基础设施的不断完善, 国产卫星正广泛应用于国土、测绘、林业、气象等行业, 服务于我国经济建设。本文在充分掌握我省国产卫星在国土资源应用工作基础上, 提出了我省卫星遥感应用建议供大家借鉴。

关键词: 国土资源; 国产卫星; 天体观测

1 卫星遥感概述

遥感是一门综合性的科学技术, 它集中了空间、电子、光学、计算机通信和地学等学科的最新成就, 是当代高新技术的一个重要组成部分, 也是 3S (RS、GIS、GPS) 技术的主要组成成分。字面上可以简单地将遥感解释为“遥远的感知”^[1]。卫星遥感是通过搭载在卫星平台上的传感器, 获取有关地球及组成部分的详细数据(空间数据)的一种技术。获取及时、准确、详细的空间数据已成为卫星遥感应用的主要方向^[2]。

卫星遥感应用领域众多, 主要有气象卫星、陆地卫星、海洋卫星三种类型。目前国际上在轨运行卫星主要分布于中国、美国及欧洲。其中, 中国卫星遥感技术应用在陆地成像方面有: 高分系列(GF)、尖兵系列(FSW)、资源三号星座(ZY-3); 气象观测方面有: 风云一号系列(FY-1)、风云二号系列(FY-2)、风云三号系列(FY-3)、风云四号系列(FY-4); 海洋观测方面有: 海洋一号(HY-1)、海洋二号(HY-2)。美国卫星遥感技术应用在陆地成像方面有: 陆地卫星(Landsat)卫星系列、快鸟(QuickBird)卫星系列、伊科诺斯(Ikonos)卫星系列; 气象观测方面有: Jasson3、GOES-R、COSMIC-2a; 海洋观测方面有: 海洋卫星-1、Seastar、托帕克斯卫星(TOPEX/Poseidon)、N-ROSS。

欧洲卫星遥感技术应用在陆地成像方面有: 斯波特(Spot)卫星系列、昴宿星(Pleiades)卫星系列、快眼(RapidEye)卫星星座; 气象观测方面有: 气象

卫星(Meteosat); 海洋观测方面有: ERS-1 卫星、ERS-2 卫星、ENVISAT-1 卫星。

2 卫星遥感关键参数

卫星遥感图像是地面目标的信息载体, 需要准确识别这些信息, 需要用到三种特征, 即几何特征、物理特征和时间特征^[3]。卫星遥感关键参数:

(1) 空间分辨率

空间分辨率指像素所代表的地面范围的大小, 即扫描仪的瞬时视场, 或是地面物体能分辨的最小单元^[4]。目前空间分辨率最低的卫星是MODIS, 空间分辨率为1000m, 主要用于获取全球的大气、海洋和陆地表面信息, 空间分辨率最高的为美国的WorldView3卫星, 可达0.31m, 国内最高分辨率为高景一号, 空间分辨率为0.5m。

(2) 时间分辨率

时间分辨率指对同一地点进行遥感采样的时间间隔, 集采样的时间频率。也称重访周期^[5]。由于观测工作的特殊性, 气象卫星和海洋卫星的时间分辨率远高于陆地观测卫星。例如: 气象卫星, 重访周期可以达到0.5h, 属于静止卫星, 相比之下, 最快的陆地观察卫星为中国的高分4号卫星, 重复观测的时间差为4h。

(3) 光谱分辨率

光谱分辨率是指传感器在接收目标辐射的光谱时能分辨的最小波长间隔。间隔越小, 分辨率越高^[6]。目前, 波谱分辨率最低的为是全色系列卫星, 即只有

一个波段的卫星数据, 例如美国的WorldView2、中国的遥感二号; 多光谱卫星即波段数目小于10的卫星, 典型的有法国的SPOT卫星, 中国的高分一号、资源三号卫星。多光谱比全色波谱卫星在波谱分辨率方面精度要高, 在视觉上显示效果更加清晰、明显。当光谱分辨率突破101数量级^[7], 在波段数量上体现为数十甚至数百个波段, 这种数据称为高光谱数据, 典型的高光谱卫星有日本的EO-1, 在进行地质找矿、农作物病虫害探测等方面有着重要的应用。

3 湖南省卫星遥感应用案例简介

卫星遥感应用于湖南省国土资源管理工作开始于20世纪70年代, 其中1970~1980年已防灾减灾为主, 1990~2000年主要集中在国土资源调查方面^[6], 从2000年开始, 尤其是第二次全国土地调查的广泛应用, 卫星影像数据和技术在土地利用与矿产资源调查与监测、地质灾害预警与应急反应等方面取得了较好的社会效益和经济效益。

2011年12月22日, 资源一号02C卫星发射升空, 全色分辨率为2.36m, 幅宽为54km, 搭载了全色和多光谱两种传感器, 多光谱相机的波段设计为红、绿、近红外波段。随着国家一系列推动国产卫星数据应用政策的实施, 国产卫星在我省应用案例不断丰富。

3.1 全国第二次土地调查

2007年3月~2009年12月, 湖南省全面开展了第二次全国土地调查工作^[7], 该项工作以1:10000比例尺的卫星影像图为基础, 通过内业人工识别与外业调查手段, 查清了全省土地利用现状等信息, 掌握了各类土地资源家底。从2010年开始, 湖南省国土资源厅采用卫星遥感影像技术更新全省土地利用现状信息, 使土地利用现状信息在空间上得到有效管控, 从而为国土资源管理部门通过卫星遥感影像图更加直观地了解土地利用现状情况, 监督土地资源粗放型利用提供了强有力的技术支撑作用。

3.2 岳阳市洪水淹没卫星遥感应急监测

2016年7月10日, 岳阳市华容县治河渡镇发生溃堤事故, 为快速掌握洪水淹没情况, 指导抗洪救灾, 湖南省国土资源厅采用雷达数据进行了应急监测, 通过对比洪水淹没前后的卫星影像数据, 提取了淹没范围区域, 为救灾工作提供准确、客观的地理信息数据。

3.3 天地图互联网服务

2011年, 湖南省发布了“天地图湖南”^[8], 通过互联网地理信息系统的方式, 将地面街景、航空影像、卫星影像进行有效集成, 以地图服务的形式向公众提供服务, 系统在卫星遥感影像基础上, 集成了180余万条地名地址信息、5大类(50小类)专题数据, 其中, 湖南省工业地理系统、数字渔业信息系统、国家电网“一张图”工程、重金属污染防治管理系统等行业应用和“一图秀”公众地图APP应用。

除上述成熟应用以外, 第三次全国农业普查、第二次全国地名普查、第二次全国污染源普查的通知、GOOGLE地球、百度地图都是成熟的卫星遥感应用。

4 展望

随着国产卫星在我省应用的不断拓宽和深入, 数据采集、处理和应用中存在一些问题, 主要有:

(1) 数据采集成功率有待提高。在卫星过境时, 云、雾、霾天气将对光学数据采集造成重要影响, 通过对国家测绘卫星应用中心湖南分中心(www.hnsac.com)2016年上半年数据进行统计, 多数地级市不能100%覆盖。

(2) 卫星遥感信息识别速度有待提升。目前空间信息的识别, 主要依赖于人机交互方式提取, 工作效率较低, 信息更新速度决定了成果的时效性, 影响了应用效果。

(3) 卫星基础设施有待加强。我国北京、吉林、武汉等地已结合民营资本发射或立项了若干省级卫星, 我省发射了潇湘一号, 但此卫星目前主要用户科研, 应用范围有限。为了解决以上问题, 建议从以下方面进行改进:

(1) 综合多种影像数据解决采集难的问题。对我省历史天气情况进行统计分析, 在云雨天气集中的区域, 可采用雷达数据进行有效补充; 同时, 探索航空摄影、地面采集(即空、天、地协同采集)方式补充, 也可以借鉴互联网公司采用“众包”(例如: 高德淘金)方式, 进行数据补充。

(2) 分步骤解决空间信息自动识别的难题。结合高光谱、多光谱等数据源与目前已有的自动识别技

(下转第46页)

卫星遥感技术在油气管道规划设计中的应用

赵倩维
(中油辽河工程有限公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要：近年来,随着人们对石油和天然气这两种珍贵能源的需求量的不断增多,我国能源事业的发展也进入了一个崭新的阶段,与此同时,一些相关行业例如油气管道行业等也正面临着巨大的发展空间。目前我国在油气管道规划设计中,对卫星遥感技术的应用十分普遍。本文主要介绍了卫星遥感技术在油气管道规划设计中的应用,希望对我国油气管道行业的发展有一定助益。

关键词：卫星遥感技术；油气管道；管道规划设计；应用

自二十世纪六十年代起,人类就已经发明了遥感技术,但以往的遥感技术主要是依靠航空摄影,是利用航空摄影技术的航空遥感,而自从卫星发射成功后,又出现了更为先进的卫星遥感技术。如今卫星遥感技术经过几十年的发展至今,不但成为了航天遥感的重要分支,更在多种领域中发挥出了重要的作用。例如在油气行业中,通过卫星遥感技术进行油气管道规划设计,是提升油气管道建设质量的重要方式。以下笔者就结合实际应用经验及相关文献资料来浅述卫星遥感技术在油气管道规划设计中的应用。

1 卫星遥感技术简介

卫星遥感技术不是一门单一的技术,它综合了空间技术、光学技术、电子技术、地学技术以及计算机通信技术等,是一门综合性的科学技术,而且还是3S技术的主要组成成分。“遥感”的字面意思指的是“遥远的感知”,如果从广义上来理解遥感技术,就是指的各种远距离、非接触的探测及信息获取技术;而如果从狭义上来进行理解,则是指利用红外、可见光、微波等高科技探测仪器,从高空乃至外层空间上来进行摄影、扫描、信息感应及传输处理,以识别地面物质性质及运动状态的技术。而卫星遥感技术是遥感技术的一种,或者说一个重要分支,它是以人造卫星为平台的遥感技术。

2 卫星遥感技术在油气管道规划设计中的应用

(1) 可行性研究阶段的应用 在油气管道建设的可行性研究阶段,对卫星遥感技术的应用十分重要。

一般在油气管道建设的可行性研究阶段,主要需要做的工作有:确定油气管道的起始点、设计油气管道的线路走向以及选择油气管道的大型穿跨越、厂站、阀室等的地址。而对于这些工作来说,都需要应用卫星遥感技术来获取基础数据,也即是说卫星遥感技术是其基础数据源。具体来说,卫星遥感技术在该阶段的应用流程为:首先购买数据,其次校正影象几何,然后制作专题图及三维动画。

(2) 购买数据 根据设计好的油气管道起始点来确定好其大致走向,然后据此提出初步购置方案,内容主要包括卫星遥感图的数据类别、分辨率及获取时间等。通常情况下,卫星遥感图有两类,一类是存档数据,即历史性的数据,其经输入和分析后贮存记录在计算机中;另一类是编程数据,即在指定时间段内预约性地接收的即时数据,其经整理分析后提交给用户。所以在确定完生产周期及购置计划后,需提交购置清单给数据公司,以确保及时获取需求数据。

(3) 校正影象几何 原始的卫星遥感图所自带的坐标信息并不是十分的准确,所以一般需要使用WGS-84坐标系。WGS-84坐标系是国际通用的地心坐标系,其作用是进行概略定位。而若想在这种指定的坐标系下进行平面设计,就必须先校正原始数据。几何校正方法较多,目前常采用的是1:50000地形图配合校正方式,即先通过同名点建立校正关系,再利用拟合算法纠正遥感图,以使影象坐标系统与油气管道的设计要求一致。

(4) 制作专题图 卫星遥感图的分类专题为油气

管道的规划设计提供了重要的科学依据,像是管道沿线的植被水系分析、矿物分析、地质灾害分析等,均是专题图的主要内容。

(5) 制作三维动画 油气管道的三维仿真演示系统集合了管道的地质、入口、交通及环境等信息,它以动画形式展现出了管道的设计信息。而三维动画的主要制作内容包括纠正、配准卫星遥感图和采集相应范围内的数字高程模型。

3 初步设计阶段的应用

在油气管道的初步设计阶段,需要对前面可行性研究阶段所给出的规划方案进行优化设计。包括油气管道线路方案的确定、厂站位置的选择及复杂地段的深入设计等,都必须要做好。而在这一阶段,同样需要运用到卫星遥感技术,并且其对卫星遥感数据的要求更高。具体来说,该阶段一般需要采用2.5m及以上分辨率的数据,这样才能够达到1:10000地形图的精度要求。故此阶段可参照1:10000地形图,并结合野外实地控测成果来校正。另外还需叠加特征地貌的高程值及现场地勘数据。最后再对油气管道的线路进行具体优化。

4 施工图设计阶段的应用

在施工图设计的阶段,需要利用到高分辨率的遥感立体图象,所以非常依赖于卫星遥感技术。卫星遥感立体图象是目前空间分辨率最高的卫星遥感图,其单片分辨率可以达到0.5m。油气管道施工图的设计可应用World-View卫星数据,生产1:2000的数字线划图及数字正摄影像图。

5 结语

综上所述,卫星遥感图像的直观、精准、快速、综合及信息丰富等优点十分有利于油气管道的规划设计。充分发挥出卫星遥感技术的优势,是促进油气管道建设质量提升的关键因素。

参考文献:

- [1] 刘丽,万仕平.卫星遥感技术在油气长输管道勘察设计中的应用[J].天然气与石油,2010,01:29-32+11.
- [2] 刘俊峰,龙世华.GIS技术在油气管道线路工程设计中的应用[J].油气储运,2006,04:41-42+54+11+62.

[3] 王泽怀.卫星遥感和航空摄影技术在长输管道勘察设计中应用的探讨[J].石油库与加油站,2009,06:30-32+10.

转载自《化工管理》

(上接第44页)

术,先用自动化的办法解决“变化区域在哪里”,再采用人工勾绘进行更新,待技术发展到一定程度,再实现全自动更新。

(3) 争取政策支持,解决基础设施薄弱的问题。建议省级行政主管部门大力推动,强化卫星基础设施,探索微小卫星观测技术与运营模式,加强我省卫星领域科教实力,鼓励、吸引民营资本参与到空间设施建设当中。

参考文献

- [1] 陈述彭.推荐《遥感概论》[J].教材通讯,1986.
- [2] 高洪涛.国外对地观测卫星技术发展[J].航天器工程,2009.
- [3] 朱怀松,刘晓锰,裴欢.热红外遥感反演地表温度研究现状[J].干旱气象,2007.
- [4] 明冬萍.遥感影像空间尺度特性与最佳空间分辨率选择[J].遥感学报,2008.
- [5] 虞献平.陆地卫星多光谱扫描图象空间分辨率和光谱分辨率的研究[J].
- [6] 厉贤葵.湖南国土资源遥感的发展与趋势[J].国土资源导刊.
- [7] 王红霞,薛育君.RS在湖南省第二次土地调查中的应用[J].山西建筑,2008.
- [8] 杨柳洋,胡海龙.基于“天地图·湖南”旅游在线地图研究[J].国土资源导刊,2014.

转载自《低碳世界》

无人机低空遥感技术在水利上的应用探讨

何双剑, 陈峰, 赵国庆
(浙江省水利水电勘测设计院, 杭州 310002)

摘要：低空遥感技术是继卫星遥感、航空遥感之后发展起来的一项新型遥感技术。论文通过介绍无人机低空遥感技术的基本组成、发展方向和技术特点,以浙江水利为导向,主要探讨了无人机低空遥感技术在水利各领域的具体应用。
关键词：无人机; 水利应用; 水利信息化

1 引言

低空遥感技术是以低空遥感飞行器(即无人机)为飞行平台,搭载高分辨率光学相机为核心传感器,低空拍摄目标地物的动态视频和静态影像数据,经处理、分析后,识别目标物、揭示其几何、物理性质和相互关系的一门现代科学技术[1]。无人机低空遥感技术可应用于防灾减灾、水域动态监测、水利工程建设与管理、水土保持等水利相关业务。本文主要以浙江省水利为导向,低空遥感技术在水利防汛抗旱与应急管理等方面应用具有较好的推广示范和引领意义。

2 无人机低空遥感技术发展

无人机的研制源于国外,早期主要应用在军事上,近期逐渐扩展到民用遥感飞行平台。美国在 20 世纪 60 年代就开始用低空遥感飞行器作为空中气象侦查平台。随着计算机技术、通讯技术的迅速发展以及各种数字化、体积小、重量轻、探测精度高的新型传感器的不断出现,使无人机低空遥感技术的性能不断提高,应用领域迅速拓展。

无人机可分为固定翼型、旋翼型和飞艇等种类。飞艇的飞行因受大风和雷雨的气候条件影响比较大,稳定性差,较少应用于航测遥感。受限于电池性能和飞行速度,旋翼型无人机一般适用于小范围动态监测。固定翼型无人机抗风能力强、飞行速度快、稳定性高,是类型最多、应用最广的低空遥感平台。以中国测绘科学研究院研制的 UAVRS-II 低空遥感监测系统,中科院遥感所自主研发的 IRSA 系列专业航空遥感系统为代表的油动长航型无人机[2],其特点是航时长、航程远、航高高,适合做大面积航摄项目。超小型的低空遥感平台主要优势体现在机动灵活、快速反应、任务现场择地就近起飞。比较有代表性的是美国天宝

Trimble UX5 固定翼低空遥感系统[3]。

3 技术应用特点

低空摄影测量作为一项空间数据获取的重要手段,结合低空遥感平台多样化和系统化的研究成果,使得无人机低空遥感技术达到了实际应用水平,整个技术应用特点具体表现在以下方面。

1) 机动快速的响应能力。飞行系统升空准备时间短、操作简单、运输便利。车载系统可迅速到达监测区附近设站,可进行云下飞行。

2) 高分辨率影像和高精度定位数据获取能力。系统可获取超高分辨率数字影像和定位姿态数据,并可针对特殊目标搭载全色波段、单波段、多波段等传感器进行多角度摄影。整个技术具备快速数据处理、应用分析以及与其他数据源的快速融合处理功能。

3) 多种任务设备的应用拓展能力。系统为多种小型遥感传感器提供了良好的搭载平台,如高清微型摄像机、探地雷达、热成像仪、合成孔径雷达等,易于拓展监测功能,以满足多种监测需求。

4) 运营成本低廉。运营成本、维护成本和操控手的培养成本远远低于其他遥感系统。

5) 满足测量精度要求。系统既可发挥航拍的作用,又可基于后续处理达到成果的精度要求。原始相片最高分辨率在 10cm 之内,影像成果至少达到 1:2000 成图精度。

4 应用内容

基于无人机航拍获取的遥感影像和外业控制测量,利用数据处理软件生产的 4D 产品以及后续制作的复合产品,其应用范围越来越广泛,软件开发越来越实用。

4.1 防灾减灾的应用

1) 定期监测过旧、高危等关键性水利设施。在

日常防汛检查中,无人机可克服高危地形、交通不便等不利因素,立体查看年代久远的大坝、堤防,蓄滞洪区的地形、地貌和水库、堤防险工险段。

2) 提升预警监测水平。利用航拍正射影像和数字高程模型,生成三维模型,模拟灾害过程及灾后损失,建立相关的减灾救灾预警数据库,有利于提高灾害预警的准确性。例如,防洪指挥系统根据假定水位高程,自动生成淹没区并计算统计受灾面积和损失。

3) 提供客观、及时的灾情信息。根据无人机航测遥感影像,直观获知灾情状况、强度及分布情况,实时传回指挥中心,可以排除现场灾情信息采集时表述不清、意见相左、他人质疑等各种主观因素影响,制定科学、合理的救灾方案,避免灾害救助的盲目性。

4) 评估灾害损失。通过对比灾害前后获取的影像数据,有利于对灾害损失程度做出正确判断和评估。

5) 监督灾后重建进展。遥感影像可以作为灾区灾后重建规划的依据。

4.2 水域动态监测的应用

由于时间变迁和当时技术水平的限制,许多河流水系分布、流域面积等基础资料已不能准确反映当前状况。利用无人机低空遥感技术进行水资源调查速度快,准确率高,可节省大量人力、物力和财力。

1) 基于已有的水域调查成果,借助无人机低空遥感对水域利用状况和水域权属界线等进行全面的变更调查或更新调查,通过后续的数据处理软件生产数字正射影像和地形图,解译每一块水域动态监测的类型、面积、权属和分布信息,建立各级互联、自动交换、信息共享的“省、市、县”水域动态监测数据库和管理系统。

2) 动态监测河道堤防变化、非法水域占用等情况,为预测河道发展趋势、水域占用执法等工作提供直观影像数据。

3) 无人机水域监测数据还可以应用到水利规划、航道开发等。

4.3 水利工程建设与管理的应用

1) 辅助工程测量[3]。能应用于小范围或特定水工建筑物的大比例尺测图,涉及野外作业困难的边远地区和高危地形的小比例尺测图,河道堤防、海塘防浪墙等带状流域和大型水利设施的动态监测项目。

2) 水利工程环境影响遥感监测。利用无人机低

空遥感技术监测水利工程建设过程中引起的土地植被或生态变化、淹没范围、库尾淤积、征地移民调查等内容。

3) 无人机获取低潮位的滩涂航测影像,结合已有的历史数据,分析滩涂淤涨趋势,为围垦工作提供技术依据。

4.4 水土保持监测的应用

1) 无人机航拍的照片真实地反映了研究范围内建设期所造成的水土流失状况、强度及分布情况。

2) 对崩塌、滑坡、泥石流等进行低空近景摄影测量监测。无人机系统获取的动态视频和静态影像能够帮助了解典型区域水土流失发展趋势、发生特点和现状等。

4.5 其他扩展应用

测区动态视频和静态影像用于项目成果宣传,数字三维模型可绘制等高线、断面图,用于工程土方量、面积计算和洪水淹没区分析等,为洪水风险图编制以及避洪抢险路径分析提供基础支撑。所有数据、影像都能够直接应用于水利信息化的建设。

5 结语

市场需求的改变和测绘技术的革新是密不可分的,通过具体工程应用表明,低空遥感技术以自身优点弥补了卫星遥感影像分辨率不高、传统航空摄影成本高、人工调查效率低等问题,从多方位、多角度、多样式掌握第一手详细信息,为科学地制定水利规划、防汛调度和应急救援提供决策支持,使相关的政府部门对各区域水利信息了解更加全面、对突发事件的反应更加迅速、人员之间的协调更加充分、决策更加有依据,尽可能减少台风洪涝灾害和干旱缺水给人民群众带来的损失,为信息化建设和水利事业发展提供技术支撑和保障服务。

【参考文献】

【1】吴汉平. 无人机系统导论(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.

【2】孙杰, 林宗坚, 崔红霞. 无人机低空遥感监测系统[J]. 遥感信息, 2003(1): 49-50.

【3】王春生, 杨鲁强, 魏传喜, 等. 无人机低空摄影测量系统在水利工程测量中的应用[J]. 测绘通报, 2012(S1): 408-410.

转载自《中国新通信》

饮用水水源地环境质量遥感监测评价与应用示范

姚延娟 王桥 吴迪

摘要：我国饮用水环境安全形势严峻，保障饮用水安全已经成为今后一个时期环保工作的重中之重。卫星遥感能够对水源地大范围区域内的环境状况进行快速、客观的监测，从而全面了解水源地及周边的水生态安全、风险源存在及变化情况，可有效补充传统的地面采样点环境监测方法的不足，提升水源地环境管理的综合监管水平。本文梳理了我国饮用水水源地环境质量遥感监测指标体系，提出了包含水域指标、陆域指标、监管指标的3个一级指标和13个二级指标的水环境质量评价体系，并通过案例开展了应用示范。

关键词： 饮用水 ； 水源保护区 ； 环境质量 ； 遥感监测 ； 风险源 ； 陆域指标 ； 水域指标

我国饮用水环境安全形势严峻。党中央、国务院领导高度重视饮用水安全，近年来多次做出重要指示，要求切实采取有效措施，积极防范风险，妥善处理事件，确保群众健康和社会稳定。保障饮用水安全已经成为今后一个时期环保工作的重中之重。

保障饮用水安全的首要任务是保护饮用水水源地。饮用水水源地管理需要对水源地环境质量进行全面调查，并及时更新有关信息。我国传统的水源地信息调查多以上级检查、地方自查、社会监督等手段为主，效率较低，获取的信息不够客观和及时，加之饮用水水源保护区大范围的特点使得对水源地保护区尺度环境质量管理基于传统的手段很难完成，水源地环境质量管理所需要的年度更新更为困难，无法满足新形势下保护区监督管理的需求。卫星遥感具有覆盖范围广、获取速度快的优势。水源地风险源及水生态安全在空间上都有一定的客观载体，基于卫星遥感数据，开展水源地保护区内水生态安全及风险源信息的遥感监测，可全面了解水源地及周边保护区范围内的水生态安全及风险源存在及变化情况，可实现对水源保护区大范围区域内的风险源进行快速、客观的监测，进一步提升水源地环境管理的综合监管水平。

本研究基于饮用水水源地环境遥感监测技术，对饮用水水源地环境质量评价进行了研究，并进行了示范应用，以期对国家大型地表型饮用水水源地的环境监管提供技术支撑。

饮用水水源地环境质量遥感监测评价

美国、新西兰等发达国家对饮用水水源地监测评价主要集中在水质评价及水源的适宜性评价，没有考虑水量指标、水生态指标等其他方面的影响，主要原因是这些国家的用水结构已经处于一个相对稳定的状况：人均水资源多、水利用率高、污水处理率高，基本不存在水量安全问题。此外由于生态环境质量总体水平较好，水源地安全监测评价管理过程中也较少考虑相关指标。但随着科技进步和生活质量的提高，人们开始日益重视饮水健康，因此水质状况评价受到广泛重视，从水质评价相关标准种类和指标值来看，也越来越严格。但在一些水资源状况不容乐观的发展中国家，如中国和印度，进行水源地管理过程中就需要考虑到除水质、水量以外的其他因素，比如保护区范围内的风险源、生态环境等各种环境质量因素，这样才能提高水源地长期稳定安全供水能力。本研究从我国国情出发，基于遥感监测技术，增加陆域与环境监管等相关指标，对饮用水水源地环境质量监测与评价进行研究。

水源地环境质量遥感监测评价体系

水源地环境遥感监测以饮用水水源地安全构成及内涵为基础，同时综合考虑流域水循环过程以及饮用水水源地的功能特性，使监测指标能够综合反映饮用水水源地安全状况的各个方面。饮用水水源地安全评价指标体系应严格遵循科学性、整体性、层次性、定性与定量相结合、全面性与选择性和可操作性的原则。

一级指标	二级指标	参数	数据来源
水域指标	水质类别	水质指数	地面监测
	水量供需比	可供水量与需水量比	
	水体富营养程度	营养状态指数	遥感调查
	水体消落带变化	消落带变化比例	
	水域风险源	水域风险源占水域的面积比例	
陆域指标	陆域风险源	陆域风险源占陆域的面积比例	
	水土流失	土壤侵蚀模数	
	面源污染	总氮、总磷负荷	
	土地利用格局	土地利用类型的面积比例	
	生态质量	植被覆盖度	
监管指标	备用水源	备用水源完成率	统计调查
	保护区建设	保护区建设完成率	
	饮用水水源地管理软环境	管理软环境质量	

表1 水源地环境质量评价指标体系责

质量等级	I	II	III	IV	V
定性评价	优	良	合格	基本合格	不合格
含义	非常安全	安全	基本安全	不安全	极不安全

表2 水源地环境质量评价等级

本研究构建的饮用水水源地环境质量遥感监测评估指标体系包括3个一级指标和13个二级指标，各指标评价及数据来源情况见表1。

鉴于环境质量遥感监测各指标的多因素、多层次和多目标的特点，本文采用层次分析法（AHP）对水源地遥感监测各指标的权重进行确定。层次分析法是美国运筹

学家20世纪70年代提出的一种定量与定性相结合的多目标决策分析方法，核心是将决策者经验判断定量化，为决策者提供定量形式表达的决策参考依据，在多目标、结构复杂且缺乏必要数据情况下相当实用。

评价方法

水源地环境质量安全定量评价，目前常用的方法有最大隶属度法、补注次大隶属度法、模糊综合指数法、模糊综合级数法四种。相比而言，模糊综合指数法信息利用率高，解决了几个相近或相同隶属度争夺隶属权的矛盾，提高了综合评价的分辨率和灵敏度，并且计算简便，意义明确，评价更为科学、精确，因此本研究选用模糊综合指数法确定最终评价结果。模糊综合指数法的关键是对参与评价的每个指标隶属度的计算，隶属度指各种已知评价指标隶属于特定评价等级的概率。隶属函数确定过程本质上说是客观的，但每个人对于同一个模糊概念的认识理解又有差异，因此，隶属度确定又带有主观性。一般根据经验或者统计进行确定，也可以由专家、权威给出。对于同一

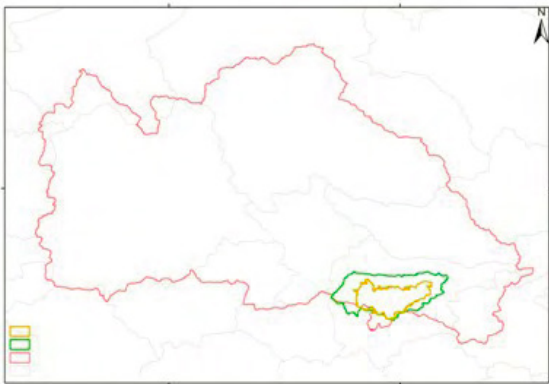


图 1 A 水源地流域概况

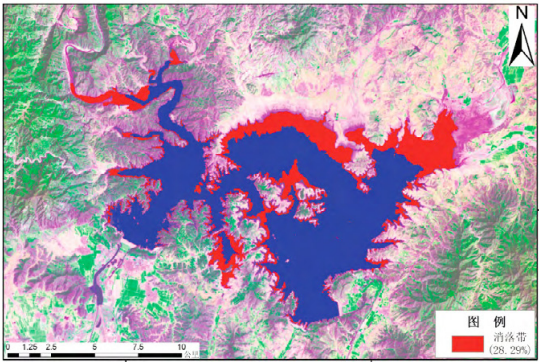


图 3 A 水源地水体消落带分布（2000—2009 年）

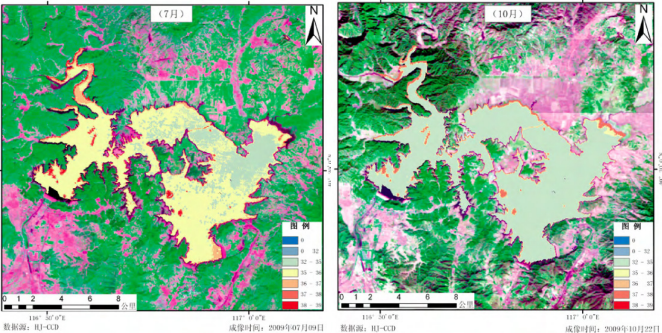
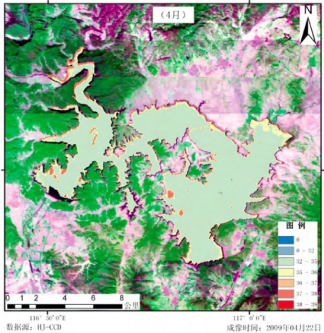
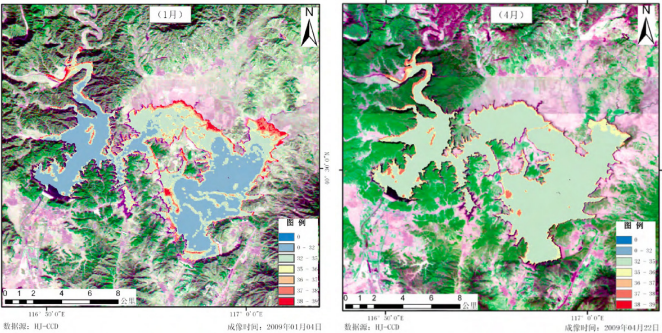


图 2 A 水源地水体富营养状态分布图

表3 水域各指标隶属度计算

隶属度 \ 级别	I	II	III	IV	V
水质类别	1	0	0	0	0
水量供需比	0	0	0	1	0
富营养化程度	0	1	0	0	0
消落带分布	0	0	0	1	0
水域风险源分布	1	0	0	0	0

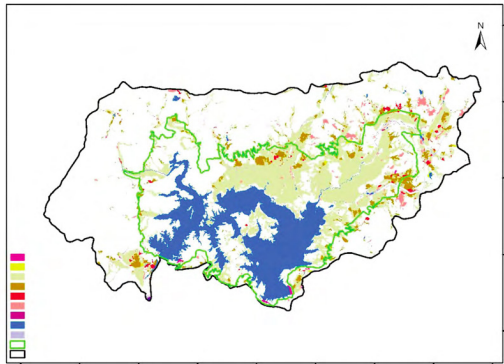


图 4 A 水源地保护区风险源监测图

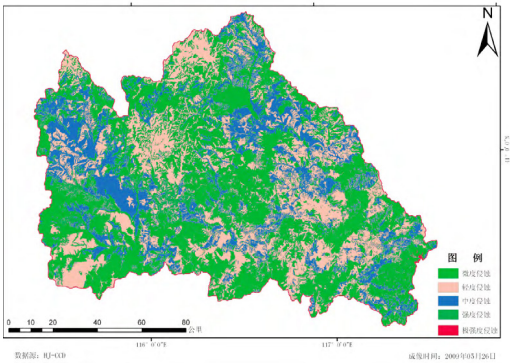


图 5 A 水源地水土流失图

个模糊概念，虽然不同的人会建立不完全相同的隶属函数，但在解决和处理实际模糊信息问题中仍然殊途同归。

因此，水源地环境质量遥感监测与评价在基于遥感反演相关参数的基础上，以数据的统计法为主，部分结合专家经验法进行水源地环境质量各监测评价指标隶属度的确定。

水源地环境质量一级评价指标和二级评价指标按照相关的标准值依次划分为 5 个等级（当个别指标安全等级状况劣于 V 级标准时，划入 V 级计算）。级别越低，情况越好，具体见表 2。

水源地质量安全评价通过综合反映饮用水水源地质量的各个指标隶属度，结合各评价指标的权重，计算水源地质量评价指数值，从而确定评价水源地最终质量等级及安全程度。

饮用水水源地环境质量遥感监测评价应用示范

案例背景

某饮用水水源地（以下简称“A 水源地”）的汇水区域如图 1 所示，该区域面积 15788 平方公里。对地面水质数据、水量数据收集整理的基础上，结合遥感数据提取信息，实现对 A 饮用水水源地环境质量的卫星遥感监测与评价。

水源地保护区遥感监测

一是水域监测。

水体富营养化遥感监测。基于环境卫星数据反演的水体富营养化空间分布（图 2），可以看出 A 水源地水体富营养程度总体较轻，属于中营养状态，并且中营养状态水体不同季节、不同月份的分布位置是不同的。水体消落带分布遥感监测。基于 2000 年的 TM 数据和 2009 年的环境卫星数据，可以得到 A 水源地 10 年间的水体消落带（图 3），10 年间水库的库区总面积减小了 28.29%，主要是水库北边水域面积缩减程度严重，从卫星影像上也可以看出，岸边增加的陆地面积目前全是滩涂地。

水域风险源遥感监测。根据高分遥感影像数据，提取了 A 水源一级与二级保护区内风险源信息，主要

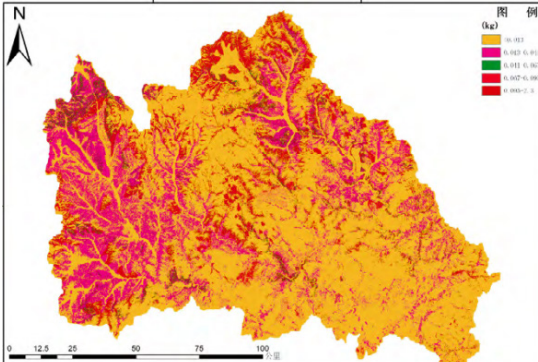


图 6 A 水源地 2009 年总氮、总磷空间分布图

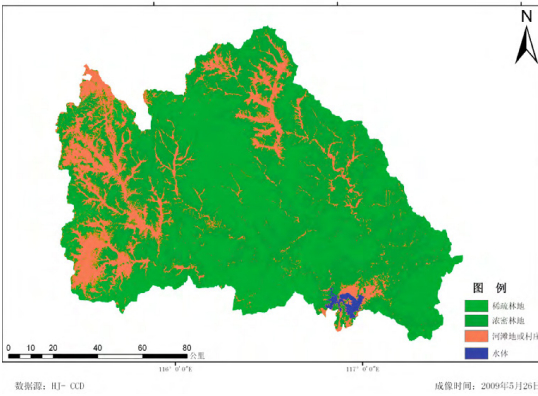
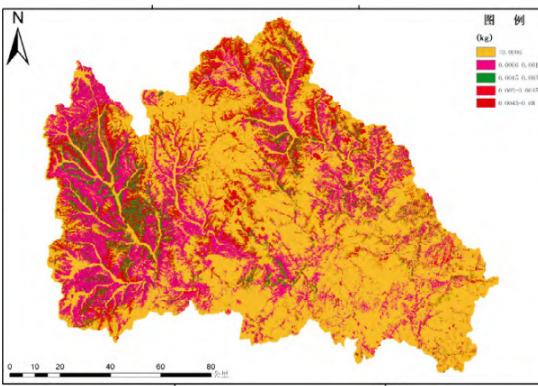


图 7 A 水源地保护区流域土地利用图

有农用地、居民点、工业用地、人工开发、旅游用地、道路、交通设施、开采用地等 8 类，分布情况如图 4 所示。

水域指标隶属度计算。依据 2009 年 12 个月的水质监测数据，计算 A 水源地的水质指数，可以得到本年度水质参数隶属度。根据地面水量统计数据，计算得到水量供需比的隶属度。依据各营养状态出现的面积占总面积的比例，可以确定水体不同级别的富营养化的隶属度。根据遥感监测消落带面积，结合水库的

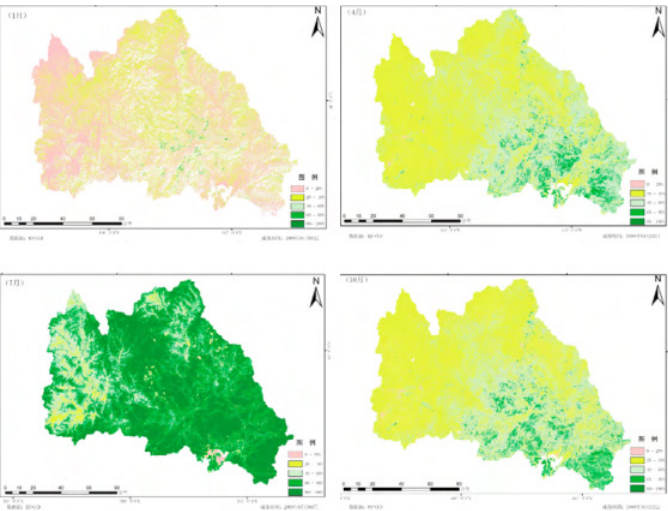


图8 A水源地保护区流域不同月份土地利用图

表4 陆域风险源分布隶属度表格

隶属度\级别	I	II	III	IV	V
陆域风险源分布	0	0	0	1.0000	0
水土流失	0.9110	0.0516	0.0347	0.0026	0.0001
面源污染	1.0000	0	0	0	0
土地利用	0.8092	0	0.0006	0.1902	0
植被覆盖度	0.1430	0.1656	0.1931	0.3599	0.1384

表5 监管指标隶属度数据

隶属度\级别	I	II	III	IV	V
备用水源	1	0	0	0	0
保护区建设	1	0	0	0	0
管理软环境	1	0	0	0	0

水位——库容曲线，得出消落带的隶属度分布。根据风险源遥感解译结果，提取了 A 水源保护区风险源斑块的面积、百分比及其数量，可知水域风险源隶属度（表 3）。

二是陆域监测。

水土流失遥感监测。根据 A 水源地流域的水土流失情况（图 5），可以看出，整个该水源地流域的微度与轻度水土流失面积占总流域面积的 91% 左右，说明流域的水土流失程度比较轻，需要继续保持。

面源污染遥感监测。水源地 A 流域主要以农业面源污染为主，主要污染物来源包括农田化肥、农药，农业畜禽养殖污染，农村生活污染等，其中主要的污染物包括总氮、总磷、COD、氨氮等。图 6 是水源地 A 保护区的总氮总磷负荷的空间分布。

土地利用格局遥感监测。基于环境卫星数据，对图像进行分类可得到 A 水源地流域内土地利用情况，图 7 为基于环境卫星 CCD 数据对 A 水源地保护区土地利用提取的结果。可以看出，A 水源地流域的林地覆盖率占流域总面积 80%，说明森林覆盖率较高。

生态质量遥感监测。基于环境卫星数据，可计算出流域内每个月的植被覆盖情况（图 8），可以看出，A 水源地流域每个月的植被覆盖变化非常大，全年平均覆盖率在 40% 以下区域面积占总面积的 49.7% 左右。

陆域指标隶属度计算。根据陆域风险源卫星遥感结果，可以对该指标的隶属度进行计算。依据水土流失数据，统计不同侵蚀级别面积占总面积的比例，结合隶属度确定规则，得到水土流失不同安全级别的指标隶属度。依据卫星监测面源污染负荷数据，结合水环境容量及经验知识及隶属度确定规则，得到面源污染指标不同安全级别的隶属度。通过不同类型面积占流域总面积的比例，结合规则，确定土地利用隶属度。根据植被覆盖度遥感结果，统计不同植被覆盖度面积面积比例，结合隶属度确定规则，确定的植被覆盖度隶属度。各参数隶属度

计算结果如表 4 所示。

三是监管指标。

根据地面调查数据，得到监管各指标的隶属度如表 5 所示。

水源地安全评价及结论分析

根据二级指标隶属度，结合指标权重，计算出一级指标隶属度，根据一级指标隶属度，结合指标权重，计算出水源地总体安全评价结果见表 6。

表6 A水源地安全评价等级

安全等级	I	II	III	IV	V
隶属度	0.6	0.13	0.1643	0.097	0.0087

由上面结果可以看出 A 水源地作为饮用水源的安全等级为 I 级，具体来看，A 水源地水质情况良好，水量问题比较严重，流域土地利用安全级别较高，植被覆盖度月度变化明显，全年高覆盖的时间短，面源污染压力较小，安全监管工作较好。同时也要看到，水源地安全等级为Ⅲ级（中）和Ⅳ级（低）的隶属度为 0.13（13%）和 0.1643（16.43%），长远来讲，A 水源地还是有潜在隐患的，主要是水量问题；其次，面源污染也是该水源地需要重视的问题。为保证水源长期安全可持续供水，需要采取合理措施，消除隐患，提高水源地环境质量。

结论与展望

饮用水水源地保护是确保饮用水安全的首要任务。随着我国对地观测技术的发展和自主卫星数据资源的不断丰富，卫星遥感将在环保领域发挥的更大的作用。建立健全水源地环境质量遥感监测技术体系对饮用水水源地的管理非常重要。

为保证水源地的长期、稳定、安全、高效供水，构建基于卫星遥感并兼顾水源地水体安全和整个水源地保护区尤其是保护区陆域范围水生态安全的环境质量遥感监测指标体系，可以实现我国饮用水水源地环境质量监管提供技术基础。利用卫星遥感对饮用水源地水域、陆域、管理监管等指标全面监测，可以更确切了解水源地现状、识别安全隐患，可以为水源地

保护及管理发展指明方向，制定合理的预防和治理措施，切实保护好水源地。

参考文献

[1] 姚延娟，王雪蕾，吴传庆，等．饮用水源地非点源风险遥感提取及定量评估 [J]．环境科学研究，2013, 26 (2)：1349-1355.

[2] 姚延娟，吴传庆，吴迪，等．饮用水源地生态环境现场监察技术研究 [J]．生态与农村环境学报，2013, 29 (5)：657-661.

[3] 李士勇．工程模糊数学及其应用 [M]．哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2004.

[4] 姚延娟，吴传庆，王雪蕾，等．地表饮用水源地安全指数及快速评价方法，环境科学与技术，2012, 35 (1)：186-190.

[5] 金丹越，黄艳菊．天津于桥水库主要环境问题及其防治对策 [J]．环境科学研究，2004 (17)：77-85.

[6] 穆晓燕，张迪，李文攀，等．湖泊蓝藻天地一体化监测业务化运行平台的构建 [J]．环境保护，2016 (18)：24-27.

转载自《环境保护》

Uber 与 DigitalGlobe 合作使用卫星图像绘制地图

近日，UBER 公司正式迎来了与高分辨率卫星图像公司 DigitalGlobe 的长期合作，DigitalGlobe 将为 UBER 公司提供高分辨率卫星图像。Uber 使得网络约车用户的体验变得非常顺畅，彻底改变了交通领域的格局。

使用 DigitalGlobe 提供的卫星影像之后，Uber 提高了其使用卫星图像进行测绘的能力。在宣布此次合作的声明中，DigitalGlobe 表示其图像将帮助 Uber 改善司机的体验，Uber 将使用 DigitalGlobe 的技术来识别和改善上下车位置的确认，而不是在 Uber 应用程序中向用户展示地图。

Uber 建立自有测绘部门已有一段时间，因为高清晰度地图是其自动驾驶汽车项目的关键。一些从谷歌和卡耐基梅隆大学引进的工程师正在努力完成 Uber 的测绘工作。

谷歌地图前负责人 Brian McClendon 现在正在负责 Uber 地图的相关工作。

Uber 加入 DigitalGlobe 以改善其服务，帮助司机定位确切的区域。就 DigitalGlobe 而言，它还将向苹果 TerraServer、谷歌地图和谷歌地球提供高分辨率卫星图像。

Uber 的测绘部门已经成立了一段时间。现在，Uber 的自动驾驶汽车项目拥有了获取高清晰度地图的途径。

Bluesky 收购航测公司 Col-East 拓展其北美业务版图

英国专业航测公司 Bluesky 通过收购对 Col-East 拓展其航测领域北美业务版图。Col-East 已经在美国东北部开展了长达 65 年的航测业务，今后将以 Col-East 国际的形式，作为 Bluesky 的北美领头军继续开展业务。

Col-East 始建于 1952 年，以高质量地形测绘而著称。其自 1946 年以来的拍摄影像形成了一个巨大的航拍影像库。在航测领域拥有极强的专业能力，例如需要高熟练作业的高精度航空测绘。Bluesky 在近两年注意到欧洲市场对大规模地图绘制、三维建模和特征提取等需求的提升，因而打算把其专业能力应用在不断扩大的美国市场上。

激光雷达 (Lidar)

Bluesky 受最新数码相机传感器、三维激光绘图的技术支持，近些年在英国拥有革新性航测技术。Bluesky 将会在 Col-East 飞机上配备其最新的数码航测设备，包括摄像头、激光雷达传感器 (Lidar) 和热红外传感器。此外，Bluesky 将会在现有技术和经验基础上，引入新的工作流程和影像处理技术。

英国作为绘图技术的先驱拥有悠久的发展历史。而 Bluesky 团队曾经在 1998 年，创建了世界上首个国家高精度航拍地图。此后，该公司又发展出适应环境变化和三维绘制的新技术。“我们将把这些新技术通过对 Col-East 的收购引入美国市场”，Bluesky 国际总经理 Rachel Tidmarsh 说道。

航空成像服务

除地形图绘制和航空作业外，Col-East 还提供航空成像服务，如地形模型，正射影像和体积测定等产品。这提供了由点及面的地图绘制解决方案。Col-East 还将通过此次购，立即获得一些 Bluesky 的专利技术，可用于创新衍生产品的开发。这其中包含建筑物三维建模和树地图、空气质量地图、国家太阳能潜力地图等的绘制。同时这些产品不久就可以在 Col-East 的在线商店购买到。

“Bluesky 带来了巨大的资本、新的技术和新的资源，这有助于 Col-East 业务的自由扩张”，Col-East 总经理 Mark Thaisz 评论道。他们也已为飞机配备了新的高精度、高清晰度测量摄像机，这将为英格兰的航测市场带去全新的优势。

创举！SpaceX 首次使用回收引擎成功发射火箭

据中新网 3 月 31 日消息，据外媒报道，美国太空探索技术公司 (SpaceX) 转播画面显示，“猎鹰 9”号运载火箭第一级在大西洋上的浮动平台上成功着陆。这是 SpaceX 首次成功发射由回收引擎推动的大型液态燃料火箭。

“猎鹰 9”号运载火箭成功发射了 SES-10 通讯卫星。这是该火箭第一级的首次重复发射。火箭于北京时间 3 月 31 日 6 点 27 分从卡纳维拉尔角航天发射场第 39A 发射平台发射，9 分钟后第一级在大西洋上的“当然我还爱你” (Of Course I Still Love You) 平台上着陆。

此前据报道称，该第一级火箭于 2016 年春向国际空间站发射“龙”货运飞船时曾使用过。

SpaceX 公司正按照与美国航空航天局的合同执行向国际空间站的货运飞行以及完成卫星商业发射，它通过完成“猎鹰 9”号第一级在发射场和大西洋中平台上着陆，演练了运载火箭多次使用的技术。

马斯克及其团队的目的是证明这种经过飞行验证的硬件的可行性。他们认为，这种硬件最终将帮助开启一个前所未有的时代，可以多次低成本地将火箭发射入绕地球轨道及更远的空间。

从根本上而言，他们和包括亚马逊公司 (Amazon.com Inc., AMZN) 董事长贝佐斯 (Jeff Bezos) 在内的其他空间企业家将可重复使用火箭视为探索太阳系的圣杯。

不过业内和政府专家称，至少在几年内、甚至更长时间内，这种雄心勃勃的巨额成本节约和其他营运收益还不会很明显。

“卫星 + 大数据”，荷兰实现智慧精准农业

据外媒报道 荷兰政府将拨款 140 万欧元用于购买卫星数据，以提高荷兰农业发展的可持续性和效率。其中，卫星数据将包括土壤、温度、水分含量和水的质量等多种详细信息。

届时，专业公司将对这些数据进行分析，有针对性地农民提供有关灌溉、施肥和农药喷洒作业等建议。荷兰政府决定向农民开放这些卫星数据使用权，保证每个人都可以免费使用。

荷兰政府表示，卫星数据可以持续地对农作物进行监测，根据这些卫星数据，农民可以实时了解农作物的详细情况，在必要时采取相应的措施。这将有助于荷兰巩固其农业和园艺业在全球处于前沿的位置，并使该国为日后解决粮食危机做出前期努力。

专业遥感设备

在距离地球上空 500 到 900 公里轨道上运行的地球观测卫星每天可收集大量数据。通过使用专业度非常高的远程测量和遥感设备，卫星可以收集有关土壤质量、温度和大气条件等这些独特的数据信息，同时还可以分析农作物的生长情况以及农作物体内氮和淀粉的存储量。此外，卫星还可收集水质变化、造林和当前环境情况，为即将到来的季节提供分析数据。

开放卫星数据

解密原始卫星数据，绝不是一件容易的事。一般来说，卫星数据要先经由科学机构和专业公司进行分析，然后将其转换成农民可在其现有农业作业中利用的信息，例如有关植被的最新数据或者可为施肥、灌溉提供针对性建议的信息。智能的农作物生产方式可以为农民节约燃料、种子、肥料、水以及农药等成本。

国家级精准农业试验场

购买卫星数据非常适合荷兰国家精密农业试验场项目 (NPPL)，该项目近期也获得了 200 万欧元的政府补贴。NPPL 项目旨在通过现有举措加强荷兰在精准农业领域的发展，并在必要时扩大实验范围。

刘延东听取《全民科学素质行动计划纲要》汇报

1月28日下午，中共中央政治局委员、国务院副总理刘延东主持召开会议，听取《全民科学素质行动计划纲要》实施情况汇报。国务院副秘书长江小涓，中国科协党组书记、常务副主席、书记处第一书记尚勇，中组部副部长王京清，中宣部副部长王世明，发展改革委副秘书长范恒山，教育部部长助理林蕙青，科技部副部长李萌，财政部部长助理余蔚平，人力资源社会保障部副部长汤涛，国土资源部副部长汪民，环境保护部核安全总工程师刘华，农业部总农艺师孙中华，卫生计生委副主任王培安，中科院副院长李静海，气象局副局长沈晓农，以及14个部委的科学素质纲要办成员共计40余人参加会议。尚勇对2014年《全民科学素质行动计划纲要》实施情况和2015年工作安排作了汇报，其他部委与会领导作了补充发言。

刘延东指出，过去一年各地各部门围绕《全民科学素质行动计划纲要》目标任务，突出工作主题，契合公众需求，大联合大协作，蹄疾步稳、扎实工作，科普工作取得新进展，科普信息化建设迈出新步伐，科学素质公共服务建设取得新进步，大联合大协作推动科普有了新突破，全民科学素质工作取得新成效。

刘延东强调，实施创新驱动发展战略，关键靠科技创新，基础在于提高公民科学素质。各地各部门要围绕创新驱动发展战略需求，扎实推进全民科学素质工作，帮助社会公众理解、掌握和运用科学技术，激发公众的科技兴趣和創新热情，紧密团结和依靠社会公众特别是科技工作者广泛开展创新创新创业。要把全民科学素质工作和全面深化改革紧密结合起来，发挥地方、基层、群众首创精神，积极广泛宣传改革，引导公众科学理性对待改革中出现的各种问题，引导公众更好地认识改革、支持改革、参与改革，形成良好的改革发展环境。要推进全民科学素质工作本身改革，从制度、政策、机制三个方面加强改革，完善政策激励机制，加强监测评估和督查落实，适应公众对全民科学素质工作的新需求、新期待，推动形成全民科学素质跨越提升的新局面。

刘延东要求，全民科学素质工作要广泛开展科普宣传教育活动，编好公民科学素质系列读本，积极稳妥推进各项重点任务；要改进完善科普工作机制，进一步加强科普信息化建设，推动全民科学素质跨越提升；要着力完善支撑服务政策措施，颁布《中国公民科学素质基准》，建立符合我国国情的科学素质发展监测指标体系；要深入开展“十二五”科学素质纲要实施工作自查和专项督查，开展公民科学素质调查，编制好“十三五”全民科学素质行动规划，扎实做好“十三五”全民科学素质谋篇布局。

尚勇在汇报中回顾总结了2014年工作，提出了2015年的重点任务。2015年全民科学素质纲要实施工作将围绕深入贯彻落实党的十八大和十八届三中、四中全会精神以及习近平总书记系列重要讲话精神，进一步推进科普信息化建设，编发公民科学素质读本，颁布公民科学素质基准，加快在国家科技计划中增加科普任务机制建设，广泛开展科普宣传活动，加强督导落实，确保“十二五”公民科学素质建设各项目标任务圆满完成，切实做好“十三五”公民科学素质谋篇布局，推动公民科学素质建设不断取得新成效，为实施创新驱动发展战略，全面建成小康社会，加快实现中华民族伟大复兴的中国梦做出新的更大贡献。

中国科协党组成员、书记处书记徐延豪，中国科协党组成员、办公厅主任吴海鹰，中国科协党组成员、中国科技馆馆长束为出席会议。

2017年上海公民科学素质工作推进会召开

2月14日，2017年上海市公民科学素质工作推进会在上海科学会堂召开。中国科协党组书记、副主席、书记处书记、全民科学素质纲要实施工作办公室主任徐延豪，上海市委常委、常务副市长周波出席会议并讲话。

会议旨在深入贯彻习近平总书记在“科技三会”上关于“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置”的重要讲话精神，全面落实刘延东副总理对全民科学素质工作的指示要求，对2017年上海公民科学素质工作进行部署和动员。上海市公民科学素质工作领导小组成员单位负责人及联络员、各区公民科学素质工作领导小组负责人以及办公室负责人和联络员、部分市级科技社团相关负责人180余人参加会议。

徐延豪指出，上海市全民科学素质工作卓有成效，走在全国前列。“十二五”期间，上海全民科学素质工作坚持全员、全程、全时空的理念，凸显专业化、社会化、国际化的上海特色，在协作和共建机制创新、科普载体和基础设施建设、提升公共服务能力、推进科普信息化建设、探索公益和市场相结合等方面，取得了显著成效，市公民科学素质整体水平明显提升。据第九次公民科学素质抽样调查结果显示，2015年上海市具备科学素质公民比例达到18.71%，位居全国各省区市之首。

徐延豪要求，做好上海2017年公民科学素质工作，一是要把习近平总书记等领导同志对全民科学素质工作的指示要求切实落实到各项工作中，围绕中心服务大局，面向经济社会发展重大需求，筑牢创新发展的人才基础和社会基础。二是围绕青少年、城镇劳动者、领导干部和公务员等重点人群，加强分类指导、精准施策，确保实现到“十三五”末上海“具备公民科学素质比例达到25%”的目标。三是要创新科普理念和服务模式，坚持以人民群众的需求为中心，进一步加大科普信息化建设力度，不断提高科普服务供给水平。四是要完善协同推进的长效机制，将公民科学素质工作纳入相关规划、政策法规、重点任务，将相关指标与经济社会发展其他指标同部署同考核。他希望上海积极探索科技工作者参与全民科学素质工作的政策机制，加强理论研究，归纳总结新经验，形成更多可复制、可推广的经验和做法，为圆满完成全民科学素质工作各项任务做出新的更大的贡献。

上海市科协党组书记、副主席，市公民科学素质工作领导小组办公室主任杨建荣对2017年上海市公民科学素质重点工作进行安排部署，他说，根据市政府颁发的《上海市公民科学素质行动计划纲要实施方案（2016—2020年）》目标任务，今年主要在做好市公民科学素质工作领导小组各成员单位情况沟通，做好各区情况汇总和经验交流，进一步发挥学会和科技社团作用，办好经常性群众性主题活动，扩大公民科学素质工作传播力影响力，更好发挥科普场馆相关设施作用，做好本市公民科学素质动态分析，组织好相关评选表彰活动等8个方面扎实推进各项工作。

会议还对上海市获得《全民科学素质行动计划纲要》“十二五”实施工作全国先进集体和先进个人进行表彰。上海市教委、东方广播中心、中科院上海分院、宝山区人民政府等单位在会上作交流发言。

★ 第三轮测绘地理信息发展战略研究专家咨询会召开

3月17日，国家测绘地理信息局测绘发展研究中心在成都召开第三轮测绘地理信息发展战略研究专家咨询会暨中国测绘地理信息学会发展战略工作委员会主任委员（扩大）会议。国家测绘地理信息局党组副书记、副局长王春峰出席会议并讲话。发展战略工作委员会主任委员和来自部分测绘地理信息行政主管部门、企事业单位的领导和代表参加了会议。测绘发展研究中心汇报了战略研究前一阶段的准备情况。

王春峰指出，随着科技的发展和社会需求的变化，测绘地理信息工作面临着新的机遇和挑战。公益性保障服务体系的五大业务建设还需要进一步探索，作用尚未充分发挥；地理信息产业发展尚未形成完善的市场格局；行政管理与国家改革发展要求还有一定差距。为此，有必要开展新一轮战略研究，明确未来一个时期测绘地理信息工作的发展方向和发展思路。

王春峰要求，测绘地理信息发展战略研究工作要认真谋划，争取用2年左右的时间形成比较完善的研究成果。要做好研究工作的统筹和组织设计，合理划分研究方向和研究内容；选配经验丰富、公认度高、责任感强的项目带头人；要采用开放式研究，研究成果要论据充分、经得起检验；要建立研究成果阶段评价机制、建立成果质量激励机制；做好研究成果的整合、归纳和凝练，形成高质量的研究成果，为“十四五”及更长远的测绘地理信息事业发展提供支撑。

与会人员围绕战略研究的目标、思路、内容和研究工作组织形式等方面进行了热烈讨论，提出了很多具有建设性的意见建议。测绘发展研究中心将根据王春峰副局长和专家建议继续深入研究，形成完善的工作方案后上报国家局。

★ 陕西省测绘地理信息学会十届二次常务理事会议召开

2017年1月17日下午，陕西省测绘地理信息学会在陕西省测绘地理信息局二楼西会议室召开了十届二次常务理事会议，会议由学会理事长、陕西省测绘地理信息局党组副书记、副局长王晓国主持。常务理事及代表共计28人出席了会议。会议传达了习近平总书记对科协工作的重要批示和张高丽副总理在全国地理国情普查领导小组全体会议上的讲话，传达了李克强总理的批示、张高丽副总理的批示及全国测绘地理信息工作会议精神；听取和讨论了学会2016年工作总结及2017年工作思路，提出了创新工作思路体现学会特色、做好学会重点和品牌活动；提升《测绘技术装备》期刊质量，向核心期刊迈进；建立常务理事微信群、发挥平台作用加强横向纵向交流等建议。同时，审议通过了2016年度学会评审委员会评出的陕西省测绘科技进步奖评选结果报告。通报了学会推荐院士工作和长安大学石震副教授撰写的《基于精密磁悬浮支承体系的陀螺寻北关键技术研究》喜获陕西省第十三届自然科学优秀学术论文一等奖事宜，通报了“省科协科技助力精准扶贫工作的实施细则”，并对省“科技之春”活动及学会近期工作进行了布置。

会议还研究审议并通过了陕西诺力泰信息技术工程有限公司和陕西汇金矿业科技发展有限公司2家单位申请加入团体会员和王春秀、王小萍、史光德申请加入个人会员。为学会又增添了新生力量。

学会常务理事会的召开，及时传达中央领导讲话和上级文件及测绘工作会议精神，研究布置了学会的工作，对2017年学会在提升能力，承接政府职能、进一步建好“一库三平台”，很抓落实，切实做好“四服务一加强”起到了至关重要的作用，为学会在2017年开好关布好局健康发展打下了坚实的基础。

★ 科技成果测试评价国家测绘地理信息局工程技术研究中心完成试运行验收工作

2017年3月14日，国家测绘地理信息局科技与国际合作司在北京组织召开了国家测绘地理信息局重点实验室及国家测绘地理信息局工程技术研究中心建设期满验收会。国家测绘地理信息局副局长李朋德、国家测绘地理信息局科技与国际合作司司长李烨等领导出席验收会并讲话。

以中国测绘地理信息学会、国家光电测距仪检测中心为依托单位的“科技成果测试评价国家测绘地理信息局工程技术研究中心（以下简称‘工程中心’）”有关负责同志向专家组汇报了“工程中心”试运行一年来的工作情况。专家组在听取“工程中心”报告的基础上，查验了相关资料，进行了质询与讨论。认为：该“工程中心”不同于其他工程中心，具有鲜明的特色，对科技成果评价体系的完善、改革和导向，研以致用。在地理信息新的技术、新的产品，包括新产品和标准之间，产品质量和评价之间探索一条新路，让各类应用可信、各行业的数据可靠，做了大量非常有意义的工作。发展前景广阔，符合当代科技发展方向，很好地发挥了第三方评价机构及承接政府职能转移的作用。同时，专家组对“工程中心”今后的发展方向给出了意见和建议：希望在现有建设成果的基础上，高质量地做好承接政府职能转移工作，提升科技服务能力，同时不断完善“工程中心”规章制度，优化组织机构，加强科技成果的转化与应用等方面继续努力。

专家组一致认为“工程中心”各项建设指标均达到了验收标准，同意通过验收。下一步经国家测绘地理信息局党组批准后，正式开始运行。

★ 江西省测绘地理信息学会十届三次理事会（扩大）会暨2016年学术年会在南昌召开

江西省测绘地理信息学会十届三次理事会（扩大）会暨2016年学术年会经过大家的共同努力，圆满地完成了各项预定的任务。本次大会得到江西省测绘地理信息局、江西省科协的高度重视，相关领导也到会致词。这次学术年会是促进江西省测绘地理信息事业发展、增进学会凝聚力的盛会，大会上，焦山梓理事长对学会2016年工作进行了总结，并对2017年学会工作作了计划；表彰了江西省2016年优秀测绘工程和学会先进专业委员会；提请审议了学会财务报告；增补了常务理事。

大会有幸邀请中国科学院周成虎院士作了《智慧城市发展的若干思考》的主题报告，报告从我国城镇化建设进程入手，结合世界各国智慧城市建设情况，对我国智慧城市建设进行了详细分析，提出的相关注意事项对我省正在开展的智慧城市时空信息云平台建设工作具有很好的指导意义。下午，中科院测量与地球物理研究所郝晓光研究员作了《新编世界地图－历史与科学的交融》的专题讲座，讲座深入浅出，普及了地图编制知识，对地图编制理论、原则、历史和地图在经济建设、国防建设中的重大作用作了一个很好的诠释。报告内容非常精彩，与会代表受益匪浅。

本次会议得到了江西学会全体会员单位的积极响应，参会代表实到人数共计180余人。会议虽仅短短一天时间，但议程安排紧凑，学术交流氛围浓厚。

★ 河南省测绘学会专业（工作）委员会工作会议召开

河南省测绘学会为紧跟省委省政府中心工作，大胆改革，积极探索，落实陈润儿省长和副省长徐光对测绘地理信息工作提出的新要求，适应测绘地理信息工作纳入省国土资源厅中心工作新形势，3月24日上午，在郑州召开河南省测绘学会专业（工作）委员会工作会议。为测绘学会的15个专业（工作）委员会挂靠单位和主任颁发牌匾和聘书，中国工程院院士、河南省测绘学会理事长王家耀对2017年度工作进行部署，省国土资源厅党组成员、省测绘地理信息局党委书记、局长刘济宝出席会议并讲话，省测绘学会副理事长、解放军信息工程大学地理空间信息学院院长张卫强、河南省科学院地理研究所所长冯德显，河南城建学院教授李生平，黄河勘测规划设计有限公司总工刘豪杰，河南省中纬测绘公司董事长黄贤忠，河南四维测绘有限公司董事长李委航，省测绘学会秘书长朱明建，以及学会各专业（工作）委员会主任共计30余人参加会议。省测绘地理信息局副局长宋新龙主持会议。

刘济宝希望学会各专业（工作）委员会积极行动起来，担负起党和政府联系测绘领域科技工作者的桥梁纽带职责，团结和组织好测绘领域的广大专家、学者，投身到河南省测绘地理信息事业、经济社会发展的主战场中，为测绘地理信息事业的改革发展，提供好智力、科技和人才支持。一是提供好智力支持。希望学会组织好广大科技工作者，发挥智力密集优势服务政府科学决策。紧密围绕省委省政府战略部署、我省测绘地理信息发展需要，在完成现有传统学科任务的同时，把更多的精力投入到经济社会“主战场”中，开展课题研究、决策解读和第三方评估，积极献计献策，为制定更加科学合理的政策法规提供决策依据。二是提供好科技创新支持。希望广大科技工作者在学术研究过程中，更加注重地理信息技术与人文科学技术的融合，紧密围绕需求开展科技创新，将科技成果同国家需要、社会需求结合起来，形成科研直接面向需求、生产直接连接科研的良性互动协作机制，打通从科技成果到市场产品的转化链条，完成从科学研究、实验开发到推广应用的三级跳，切实将科技成果转化为实现生产力，真正实现创新价值、实现创新驱动发展。三是提供好科技人才支持。希望学会在工作中发挥好高等教育学科领域优势，肩负起培养科技人才的责任，在完成学术科研任务的同时，投放更多精力到测绘科技人才培养中来，结合测绘高新技术和重大工程项目，培养出更多的基础职业技能人才、科技成果转化应用、经营管理复合型人才，帮助形成融合“产学研用”各链条的人才梯队，为河南省测绘地理信息事业发展提供好人才支持。

★ GPS、大地测量专业委员会 2017 年度学术年会在南京举行

2017年1月13日至14日，由江苏省测绘地理信息学会GPS、大地专业委员会主办，江苏省测绘工程院承办的2017年度学术年会在南京举行，来自我省40多家测绘单位的代表参加了会议。

会议由江苏省测绘地理信息学会袁桂生秘书长主持，江苏省国土厅副巡视员、江苏省测绘地理信息学会理事长史照良为大会致辞。

武汉大学申文斌教授为参会代表作了一场题为《时频地测应用前景》的主题报告。申教授深入浅出地为与会代表介绍了相对论大地测量技术的研究进展及其在物理大地测量中的应用，借助生动详实的实例，描绘了物理大地测量技术的发展情景。

主题报告结束后，江苏省测绘地理信息局法规与行业管理处金志东处长为与会代表讲解了卫星导航定位基准站有关的法律法规和管理要求，同时介绍了我省在测绘地理信息条例修订，卫星导航定位基准站管理执法等方面的情况。

最后由GPS、大地专业委员会主任、江苏省测绘工程院徐地保院长围绕江苏省“十二五”基础测绘成果、“十三五”基础测绘规划和新型基础测绘等方面内容，做了题为江苏省新一代测绘技术体系的讲座。

★ 科协学会合力助推浙江省地理信息产业园发展

近年来，中国科协、省科协密集走进浙江省地理信息产业园，与全国学会、浙江省学会合力共推浙江省地理信息产业园发展。

3月9日，中国科协学会学术部部长兼企业工作办公室主任宋军、中国科协学会服务中心主任刘兴平带领中国科协调研组在浙江省科协副主席姜长才、湖州市科协主席高东等陪同下来到浙江省地理信息产业园调研。调研组一行首先参观了德清地理信息小镇展馆，详细地了解了地理信息产业的发展。随后，宋军一行与产业园领导和企业代表进行了座谈。宋军对于浙江的产业高水平集聚发展模式给予了高度的评价，并且非常看好浙江省地理信息产业园和德清地理信息小镇的建设，提出要进一步拓展平台，学习借鉴省内外发达地区先进经验，在组建省级学会服务站的基础上，争取国家级学会建站，以推进海内外地信企业和高端人才集聚；要进一步搭建舞台，推动国家和省、市、县四级联动，拉近院士专家、海内外高层次人才与企业、产业、创业平台之间的距离。他表示，中国科协将积极发挥桥梁纽带和协同创新作用，借助“一带一路”国家战略，推进地理信息产业的发展。

紧接着，3月10日，浙江省测绘与地理信息学会在德清召开了协同创新服务站第四次专家企业对接会。浙江省科协学会部部长兼企业办主任戴力带领省科协、湖州市科协、德清县科协领导参加会议，与产业园企业代表和与会专家进行了深入的交流，并表示科协组织将给予浙江省地理信息产业以最大的支持。

近年来，随着测绘与地理信息的重要性日益凸显，科协与地理信息行业的专业学术组织走得越来越近。通过科协，测绘与地理信息也逐渐走出专业的象牙塔，走进企业、走进百姓生活。特别是2014年以来，中国科协为充分发挥科协及其所属学会在创新驱动发展中的重要作用，进一步推进学会为地方经济社会发展提供科技和人才支撑，推出了“创新驱动助力工程”，引导专业学会在企业创新发展转型升级中主动作为，在地方经济建设主战场发挥生力军作用。“创新驱动助力工程”坚持“示范引领，机制先导；科协搭台，学会唱戏；地方主导，合作共赢；学会提能，集聚资源”的基本原则。

伴随着浙江省测绘与地理信息产业的发展，特别是浙江省地理信息产业园的加紧建设，浙江省科协会同浙江省测绘与地理信息学会于2016年成立了德清协同创新服务站。服务站由浙江省测绘与地理信息学会牵头，联合相关学会和高校，发挥学会的组织和人才优势，为产业园的经济结构调整、科技资源引进、产业转型升级提供高水平的智力支持和科技支撑。服务站自成立以来，从摸底子、建组织、搭平台、促交流、办培训等方面做了大量卓有成效的工作，不仅解决了企业诸多问题，也提升了学会自身的服务能力和水平。与此相呼应的是，浙江省地理信息产业园也主动与各级科协学会组织交流合作，探索产业发展的新路子。

在浙江，各级科协学会组织与地理信息产业园、行业管理部门紧密互动，合力共推产业园经济发展，已带来了产业创新发展新气象，正在形成新的浙江模式、浙江经验。

★ 住建部：卫星遥感监测将实现所有城市全覆盖

3月1日，中国经济网记者从住房城乡建设部召开的新闻发布会上获悉，今年，住建部将进一步加大违法建设治理力度，其重点工作之一就是扩大卫星遥感监测范围，实现所有城市全覆盖。

据住建部城乡规划司副司长俞滨洋介绍，2016年2月《中共中央、国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》明确提出用5年左右时间，全面清查并处理建成区违法建设，坚决遏制新增违法建设。为贯彻落实中央精神和文件要求，住房城乡建设部下发了《城市建成区违法建设专项治理工作五年行动方案》。

★ 《江苏省测绘地理信息基础设施管理规定》颁布实施

《江苏省测绘地理信息基础设施管理规定》（以下简称《规定》）经江苏省人民政府第76次常务会议讨论通过，2015年12月28日由石泰峰代省长签发，将于2016年2月1日起正式实施。

《规定》从江苏省测绘地理信息管理实际出发，顺应传统测绘向现代地理信息产业转型升级，将“测量标志”拓展为“测绘地理信息基础设施”，把卫星导航定位基准站、测绘专用仪器计量检定场、地理空间信息基础框架、地理信息公共服务平台等纳入统一监管，建立专项规划，列支专项资金，保障设施立项建设和维护更新。采取分类管理的方法，对永久性测量标志等基础设施保障用地，委托保管；对卫星导航定位基准站、地理空间信息基础框架、基础地理信息公共服务平台等设施，根据其专业性强、数据量大、保密性强、技术要求高的特点，由立项的行政主管部门管理。测绘地理信息行政主管部门负责建立地理信息共享，开展安全保密检查，在推广地理信息应用、促进地理信息产业发展的同时，维护地理信息安全。

★ “北斗三号”今年7月首发 2020年完成其35颗卫星组网

日前，北斗二号工程卫星系统总师杨慧表示，“‘北斗三号’计划在今年7月左右进行首次发射，将实施数次一箭双星发射，年内一共计划发射6至8颗。”

杨慧说，18颗卫星在轨道上合理分布，从数学角度已经符合在全球任意位置同时看到4颗卫星的要求，但考虑遮挡等约束条件，真正实现全球组网至少需要24颗卫星。而我国将在2020年前后完成35颗北斗三号卫星的组网，为全球用户提供服务。“北斗三号”系统采取了星间传输、地基传输功能一体化设计，实现了高轨、低轨卫星及地面站的链路互通。“在地球另一面的北斗卫星，虽然我们‘看不见’，但我们头顶的北斗卫星能与它们取得联系。”

据北斗二号卫星工程总设计师助理郭树人介绍，我国自2015年以来已成功发射5颗北斗全球导航试验星，目前已完成试验验证，基本固化了北斗三号卫星的状态。此外我国力争在2030年前建成以北斗系统为基石的国家综合PNT（定位、导航、授时）体系，显著提升时空信息服务能力。

★ 国家测绘地理信息局开展党的十八届六中全会精神集中轮训库热西出席开班式并讲话

2月27日，国家测绘地理信息局党的十八届六中全会精神集中轮训班在京举办。国土资源部党组成员、副部长，国家局党组书记、局长库热西出席开班式并讲话，国家局党组成员、副局长闵宜仁主持开班式。

库热西指出，党的十八届六中全会是在全面深化改革、决胜全面小康的关键时刻召开的一次十分重要的会议。全会全面分析党的建设面临的新形势新任务，系统总结全面从严治党的新理论新实践，就加强党的建设做出新的重大部署，取得重大的政治、思想和制度成果，具有十分重大的现实意义和深远的历史意义。学习好、宣传好、贯彻好全会精神，是当前和今后一个时期的首要政治任务。要站在历史高度、运用历史思维，深刻认识、全面把握党的十八届六中全会精神。要坚持学深悟透，知行合一，把全面从严治党的政治优势和组织优势转化为发展优势，切实用全会精神指导和推动测绘地理信息事业改革创新。发展。

★ 智慧咸阳时空信息云平台项目设计通过评审

2月8日，智慧咸阳时空信息云平台建设试点项目设计顺利通过国家测绘地理信息局专家委员会评审。国家测绘地理信息局、陕西测绘地理信息局、咸阳市政府相关负责同志参加会议。

评审专家听取了项目设计报告，审阅了项目设计书，经质询和讨论，一致认为：项目设计目标明确、内容完整、结构清晰，提出的智慧咸阳时空信息大数据、时空信息云平台、典型应用示范建设等任务，符合智慧城市时空信息云平台建设试点有关规定要求。设计充分考虑了咸阳市智慧城市建设和数字咸阳地理空间框架建设的现状及成果，综合采用了物联网、大数据、云计算、移动互联等新技术，提出的技术路线先进、合理、可行，符合智慧咸阳建设的总体规划 and 实际应用需求。选择精准扶贫、智慧城管、智慧社区、智慧安监、公众服务开展示范应用，具有典型示范意义。进度计划、经费预算合理，组织管理、质量控制、保障措施到位。一致同意通过评审，建议根据专家意见进一步修改完善后，报批实施。

★ 交通运输行业将规模应用北斗卫星导航系统

近日，交通运输部出台《关于在行业推广应用北斗卫星导航系统的指导意见》（简称《指导意见》），明确到2020年，交通运输各领域北斗卫星导航系统普及程度显著提高，应用标准政策环境进一步完善，定位导航服务能力和业务支撑能力明显增强，北斗系统国际化取得显著成果，基于北斗系统的定位、导航、通信、授时和短报文通信服务体系基本成型。

交通运输部长期以来对在交通运输行业内推广应用北斗卫星导航系统工作给予了高度重视，开展了大量行之有效的工作。“十二五”时期，行业内开展了一系列北斗系统应用相关工作，在重点营运车辆监管、船舶监控、遇险搜救、北斗系统国际化等方面均取得了显著成效，北斗系统应用与行业信息化建设结合日益紧密。

★ 南极科考测绘队员使用航摄无人机成功获取中山站倾斜摄影数据

北京时间1月30日，第33次南极科考队中来自黑龙江测绘地理信息局的队员使用六旋翼倾斜摄影无人机，成功获取南极中山站区倾斜航摄影像，数据成果质量良好，满足设计要求。

由于中山站地理位置特殊，在此次南极科考中执行倾斜摄影任务的“阳光号”无人机在1月中旬首先进行了电池低温工作持续时间、负重滞空时间、短线/长线飞行姿态、磁力线影响测试、航线飞行速度影响与姿态等十几项测试内容。在1月29日完成最后一项“沿磁力线高空全负重飞行”测试后，克服天气、交通、空域等多种不利因素，于30日下午16时（中山站时间）完成中山站区域倾斜摄影飞行，拍摄区域约0.5平方千米，获取数据约10GB。在后续的工作中，“阳光号”将根据天气情况，对拉斯曼丘陵其他区域继续开展倾斜摄影航拍，预计2月下旬完成全部工作。

★ 《四川省地理信息交换共享管理办法》发布

1月18日，四川省省长尹力签发第318号省政府令，正式发布《四川省地理信息交换共享管理办法》（以下简称《办法》），自2017年2月18日起施行。

《办法》于1月9日经四川省人民政府第140次常务会议审议通过，共28条。《办法》在遵循《中华人民共和国测绘法》基础上，着重突出地方立法特色，紧密结合全省地理信息交换共享的现状和存在的问题，充分吸收了社会各界意见、学习了其他省市的立法和实践经验，总结了近年来一些行之有效的工作经验，将其上升为规章制度。一是建立了地理信息交换共享机制。二是强化了卫星导航定位基准站管理。三是明确了航空航天遥感影像资料的统筹管理制度。四是规范了地理信息公共服务平台建设运行管理。

《办法》从体制、机制上规范了全省地理信息交换工作，对于规范全省卫星导航与位置服务基准站网、地理信息公共服务平台管理，建立影像统筹和地理信息交换共享机制，推动地理信息广泛应用，促进地理信息产业发展，具有十分重要的意义。

★ 卫星遥感应用谋重大专项，产业链公司订单有望激增

据国土部网站消息，8日国土部副部长曹卫星在中国国土资源航空物探遥感中心调研时强调，要切实加快国土资源卫星遥感应用体系建设，优化完善卫星遥感发展规划，更好服务和推进深地探测、深空对地观测科技创新战略，同时要围绕卫星遥感应用技术，谋划重大专项、重点研发计划。

去年9月全国国土资源系统科技创新大会也明确提出，全面实施深空对地观测战略，重点是适应经济社会发展对遥感信息技术日益增强的需求，实施对地观测卫星重大工程，发展深空对地观测技术。另外，加强卫星遥感应用关键技术的开发和应用，不断提高国土资源监测监管能力，支撑生态国土和智慧国土建设。

按照民用空间基础设施中长期规划，“十三五”期间我国将构建形成卫星遥感、卫星通信广播、卫星导航定位三大系统，基本建成国家民用空间基础设施体系，提供连续稳定的业务服务。在卫星遥感领域重点发展陆地、海洋和大气观测三个系列，形成数据全球接收与服务能力。在政策大力推动以及市场需求的共振下，遥感卫星制造、运营等相关产业将迎来发展新机遇。

《 测绘大地图 》 征稿启事

《测绘大地图》是由中国测绘地理信息学会地图大数据创新工作委员会主办的致力于整合与测绘地理信息相关的科研成果、成功应用案例，并积极探索测绘地理信息行业的新产品、新技术、新思路、新方向的内部资料，宗旨为关注热点、前瞻行业、引领发展。

栏目设有业界要闻、特约访谈、深度观察、跨界应用、国际瞭望、学会动态等栏目。现为丰富内容和提高水平，特面向测绘地理信息领域的广大科技工作者征稿，欢迎大家积极踊跃投稿。

投稿须知：

1. 投稿作品应具有创新性、科学性和可读性，数据可靠、条理清晰、文字精炼、逻辑性强；
2. 投稿字数在8000字以内，并配图片；
3. 稿件提供者须提供真实姓名/单位/职称/详细通讯地址及联系方式，优秀的稿件编辑部将免费推送至核心期刊发表；
4. 投稿邮箱：cehuidaditu@mqpuni.com 联系人：周露 联系方式：010-51286880-308

——《测绘大地图》编辑部

《 测绘大地图 》读者意见反馈表

为了更好地提高《测绘大地图》的内容质量，展现测绘地理信息行业学术成果，欢迎大家多提宝贵建议。您可以填写下方意见反馈表，打印后邮寄至《测绘大地图》编辑部：

《测绘大地图》编辑部收

邮寄地址：北京市朝阳区安翔北里甲11号创业大厦B座2层（100101）

或者直发送您的宝贵建议至邮箱：cehuidaditu@mqpuni.com；

编辑部将认真阅读您的意见，意见一经采纳，将免费赠阅2017年全年刊物，欢迎大家积极参与。



1. 您觉得哪些方面需要改进？

- ☐ 版式设计 ☐ 内容深度 ☐ 专题策划 ☐ 图片样式 ☐ 推广方式
- 其他（请注明）：

2. 您对哪些栏目比较感兴趣？

- ☐ 业界要闻 ☐ 特约访谈 ☐ 深度观察 ☐ 跨界应用 ☐ 国际瞭望 ☐ 科普天地
- ☐ 学会动态 ☐ 行业快讯

3. 您对《测绘大地图》还有哪些宝贵建议？

个人信息：

姓 名：

联系方式：

工作单位：

职 位：

通信地址：